

# ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*\*М.И. Шаров, А.Ю. Михайлов*

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Россия  
\*sharov.maksim@gmail.com*

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** В статье рассмотрены результаты исследования надежности функционирования маршрутов городского общественного пассажирского транспорта. Одной из основных целей являлось рассмотрение показателей оценки надежности функционирования системы городского пассажирского транспорта (ГПТ), которые еще не применялись в российской практике. Особенность этих показателей заключается в том, что исходная информация может получаться на основе современного оборудования подвижного состава (ГЛОНАСС/GPS). Возможность применения этих показателей, а также разработка шкал уровней надежности на данный момент является важной научной проблемой.

**Материалы и методы.** Предложены современные показатели оценки надежности работы маршрутов городского пассажирского транспорта, такие как временной индекс и сопряженный с ним показатель – буферное время. Для обработки полученных данных о продолжительности движения подвижного состава использовались методы математической статистики.

**Результаты.** Получены характеристики надежности работы городских пассажирских маршрутов, а также проведено сравнение значений надежности на примере г. Иркутска и г. Ангарска.

**Обсуждение и заключение.** Впервые в российской практике выявлен диапазон значений временного и буферного индексов на основе данных маршрутных сетей двух отличающихся городов. Предложена шкала оценки уровней надежности маршрутов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** городской общественный пассажирский транспорт, надежность транспортной системы, временной индекс, буферный индекс, качество обслуживания, спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС/GPS.

© М.И. Шаров, А.Ю. Михайлов



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

# ASSESSMENT OF RELIABILITY OF THE CITY PUBLIC TRANSPORT FUNCTIONING IN THE RUSSIAN FEDERATION CITIES

**M.I.Sharov\*, A.Yu. Mikhaylov**

*Irkutsk National Research Technical University,  
Irkutsk, Russia*

*\*sharov.maksim@gmail.com*

## ABSTRACT

**Introduction.** *The paper deals with the results of the reliability of urban public passenger transport routes. One of the main objectives is to consider the indicators for assessing the reliability of the urban passenger transport system, which have not yet been used in Russian practice. The peculiarity of these indicators is that the initial information can be obtained on the basis of modern bus equipment (GLONASS/GPS). The possibility of using these indicators, as well as the development of scales of reliability levels at the moment is an important scientific problem.*

**Materials and methods.** *The authors proposed modern indicators for assessing the reliability of urban passenger transport routes, such as the time index and the associated buffer time indicator. The authors used the methods of mathematical statistics to process the data on the duration of bus traffic.*

**Results.** *The authors obtained the reliability characteristics of urban passenger routes. Moreover, the paper presented the comparison of the reliability values on the example of Irkutsk and Angarsk.*

**Discussion and conclusions.** *The authors reveal the range of values of the time and buffer indices based on the data of route networks of two different cities. Therefore, the authors offer the estimation scale of the reliability levels on routes.*

**KEYWORDS:** *urban public transport, transport system reliability, time index, buffer index, service quality, GLONASS / GPS satellite navigation systems.*

© M.I.Sharov, A.Yu. Mikhaylov



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

### ВВЕДЕНИЕ

Рост автомобилизации населения и интенсивности движения в городах России создал острые градостроительные, социально-экономические и экологические проблемы. Принятая концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию предполагает устойчивое развитие городов и агломераций страны. Вытекающее из этого требование формирования устойчивых городских транспортных систем связывают в первую очередь с приоритетным развитием общественного пассажирского транспорта. Так в рейтинг комфортности городов России был включен количественный транспортный показатель – годовое количество поездок одного человека на общественном транспорте.

В новых условиях к общественному транспорту предъявляются все более возрастающие требования. Прежде всего, он должен быть привлекательным и надежным для пользователя, что требует создания соответствующих критериев<sup>1,2</sup> [1, 2, 3].

Повышение качества обслуживания населения городским пассажирским транспортом является важнейшей задачей развития современных городов и агломераций. Решения, принимаемые в данной сфере, направлены на повышение надежности функционирования транспортной системы города и безопасности дорожного движения, а также на обеспечение высоких экологических стандартов городской среды. Так, одним из последних документов, регламентирующих качество работы городской транспортной инфраструктуры, является распоряжение Министерства транспорта РФ «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» от 31.01.2017». В нем заложены контрольные показатели качества и надежности функционирования пассажирского транспорта и его инфраструктуры.

В данной статье рассмотрены показатели оценки надежности функционирования системы городского пассажирского транспорта (ГПТ), которые еще не применялись в россий-

ской практике. Особенность этих показателей заключается в том, что исходная информация может получаться на основе современного оборудования подвижного состава (ГЛОНАСС/GPS).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценка надежности функционирования общественного транспорта имеет давнюю историю. Еще в 1987 г. Министерство автомобильного транспорта РСФСР издало приказ «О введении временной инструкции и рекомендаций по обеспечению выполнения рейсов на автобусных маршрутах». В соответствии с ним регулярность автобусных маршрутов оценивалась следующим образом (таблица 1).

В современной российской практике качество функционирования (т.е. качество сервиса) общественного транспорта предложено оценивать интегральным показателем

$$S = \sum_{i=1}^{i=6} S_i^{k_i}, \quad (1)$$

где  $S_1$  – надежность перемещения точно по графику (время поездки);  $S_2$  – частота движения общественного транспорта;  $S_3$  – безопасность;  $S_4$  – комфортность (качество поездки);  $S_5$  – стоимостный показатель (величина транспортного тарифа);  $S_6$  – показатель информационного сервиса (уровень информационного обеспечения);  $k_1, \dots, k_6$  – показатели степени – весовые коэффициенты, характеризующие значимость соответствующего показателя уровня сервиса.

Часть показателей, входящих в формулу (1), измеряются количественно, а часть являются качественными и имеют оценку в баллах. Соответственно при расчете интегрального критерия оценки качества общественного пассажирского транспорта  $S$  предложено оценивать надежность показателем регулярности движения транспортных средств  $R$ :

$$R = \frac{N_{sh}}{N_r} k_r = \left( \frac{N_{sh}}{N_r} \right) \left( \frac{N_r}{N_p} \right) = \frac{N_{sh}}{N_p}, \quad (2)$$

где  $N_{sh}$  – количество рейсов, соблюдавших расписание;  $N_r$  – количество фактически выполненных рейсов;  $k_r$  – коэффициент выполнения плановых рейсов;  $N_p$  – количество запланированных рейсов.

<sup>1</sup> König, A. and Axhausen, Kay W. (2002). The reliability of the transportation system and its influence on the choice behaviour. Presentation at STRC 2002. In Proceedings of the 2nd Swiss Transport Research Conference, March 20–22, 2002. Zurich : ETHZ, Institute of Transportation, Traffic, Highway – and Railway-Engineering.

<sup>2</sup> Litman T. Evaluating Public Transit Benefits and Costs. Best Practices Guidebook <http://www.vtpi.org/tranben.pdf>.

Таблица 1  
Предельно допустимые отклонения от расписания

Table 1  
Maximum permissible deviations from the schedule

Вид маршрута	Допустимое опережение расписания, мин	Допустимое опоздание, мин
Городской	2	2
Пригородный	2–5	5
Межгородской	Более 5	20

Развитие геоинформационных технологий и бортового оборудования транспортных средств предоставило новые возможности оценки надежности общественного пассажирского транспорта как на основе архивов треков, так и в режиме реального времени. При этом треки подвижного состава являются непрерывно генерирующимися данными, поэтому обработка таких данных представляет большой интерес в терминах теории и практики.

В современной практике оценки надежности функционирования транспортных систем применяются следующие показатели, основанные на затратах времени на передвижение<sup>3, 4, 5</sup> [4]:

Временной индекс (Travel Time Index TTI)

$$TTI = \frac{T_{85\%(90\%)}}{T_{FF}}, \quad (3)$$

Буферное время (Buffer Time BT)

$$BT = T_{95\%} - \bar{T}, \quad (4)$$

Буферный индекс (Buffer index BI)

$$BI = \frac{T_{95\%} - \bar{T}}{\bar{T}} 100\%, \quad (5)$$

Планируемый временной индекс (Planning Time Index PTI)

$$PTI = \frac{T_{95\%}}{T_{FF}}, \quad (6)$$

где  $T_{90\%(95\%)}$  – 90% или 95% процентиль продолжительности передвижения, мин;  $T_{FF}$  – время передвижения в свободных условиях (5%, 10% или 15% процентиль продолжительности передвижения), мин;  $\bar{T}$  – среднее время передвижения, мин.

Различие между TTI и BT заключается в том, что второй показатель рассматривается с позиции пользователя услуг (т.е. пассажира). Планируемый временной индекс учитывает суммарно средние затраты на передвижение и буферное время, тем самым оценивает затраты на передвижения с гарантией достижения цели и передвижения с 5%-й вероятностью опоздания.

В настоящее время Транспортная лаборатория ИРНТУ занимается исследованиями в области оценки надежности функционирования как улично-дорожных сетей, так и сетей общественного пассажирского транспорта<sup>6</sup> [5, 6, 7, 8, 9]. С точки зрения формирования устойчивой (т.е. надежной и привлекательной) системы общественного пассажирского транспорта Буферное время (Buffer Time) является важным показателем, поскольку это дополнительные затраты времени, которые должен планировать пользователь, выбирая вид во время передвижения с учетом надежности общественного транспорта. Соответственно, Буферный индекс (Buffer index), включающий буферное время, также позволяет оценить надежность транспортной системы с учетом пользователя.

<sup>3</sup> Defining and Measuring Urban Congestion <https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/site/doc/Bookstore/definingmeasuring-congestion.pdf>

<sup>4</sup> <https://www.bts.gov/content/travel-time-index>

<sup>5</sup> Travel Time Reliability: Making It There On Time, All the Time. [www.ops.fhwa.dot.gov/publications/tt\\_reliability/TTR\\_Report.htm](http://www.ops.fhwa.dot.gov/publications/tt_reliability/TTR_Report.htm)

<sup>6</sup> Румянцев Е.А. Михайлов А.Ю. Об эффективности критериев для оценки условий движения транспортных потоков // Сб. докл. девятой междунар. конф. Организация безопасности дорожного движения. Санкт-Петербург, сент. 2010. С. 121–123.

## РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

Причина того, что мы рассматриваем отдельно улично-дорожную сеть и маршрутную сеть заключается в особенности расчета взвешенных показателей  $TTI_{net}$ ,  $BI_{net}$  для сети. В случае рассмотрения улично-дорожной сети учитываются транспортные потоки, а в случае маршрутной сети – пассажиропотоки:

$$TTI_{net} = \frac{\sum_{i=1}^n TTI_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (7)$$

$$BI_{net} = \frac{\sum_{i=1}^n BI_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad (8)$$

где  $TTI_i$ ,  $BI_i$  – значение временного или буферного индекса на сегменте улично-дорожной или маршрутной сети  $i$ ;  $V_i$  – значение транспортного потока или пассажиропотока сегмента  $i$ .

В Российской Федерации до настоящего времени не накапливалась и не систематизировалась статистика показателей  $TTI$ ,  $BI$  и  $PTI$ . Поэтому в выполняемых исследованиях сформулированы следующие задачи:

- Определить, в каком диапазоне варьируют значения  $TTI$ ,  $BI$  маршрутов городского общественного пассажирского транспорта.
- Предложить шкалу оценки надежности маршрутов общественного транспорта.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследовались маршруты общественного пассажирского транспорта в городах Иркутске и Ангарске, принципиально отличающихся

своими транспортными системами. Иркутск относится к историческим городам Российской Федерации, улично-дорожная сеть которого не соответствует требованиям градостроительных норм. Для города характерен высокий уровень транспортных заторов. В отличие от Иркутска Ангарск основан в начале 1950 годов и относится к новым городам. Город имеет регулярную решетку улиц и в нем не наблюдаются сильных транспортных проблем.

Для реализации задач, поставленных в данной статье, использовались данные навигационного оборудования, установленного в городских автобусах. Наличие такого навигационного оборудования позволяет не только оперативно контролировать и управлять работу подвижного состава на линиях, но и на основе различных показателей анализировать и прогнозировать качество предоставляемых услуг пользователям транспортной сети (т.е. пассажирам общественного транспорта, водителям индивидуальных транспортных средств и др.). Необходимость обязательного наличия подобного навигационного оборудования в городских автобусах обусловлена наличием федеральных приказов и закона №22-ФЗ от 14.02.2009 г. «О навигационной деятельности». Это решение стало возможным в том числе благодаря созданию Российской навигационной системы ГЛОНАСС, а также широкому распространению оборудования, принимающего сигналы спутников и преобразовывающее их в координатно-временные параметры.

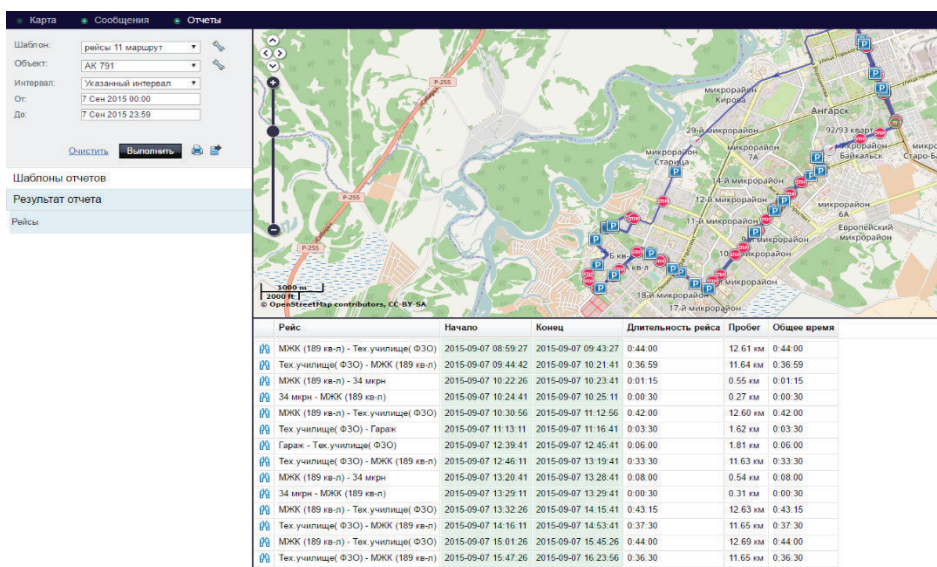


Рисунок 1 – Пример отображения данных в программе Wialon Pro

Figure 1 – Example of data display in Wialon Pro



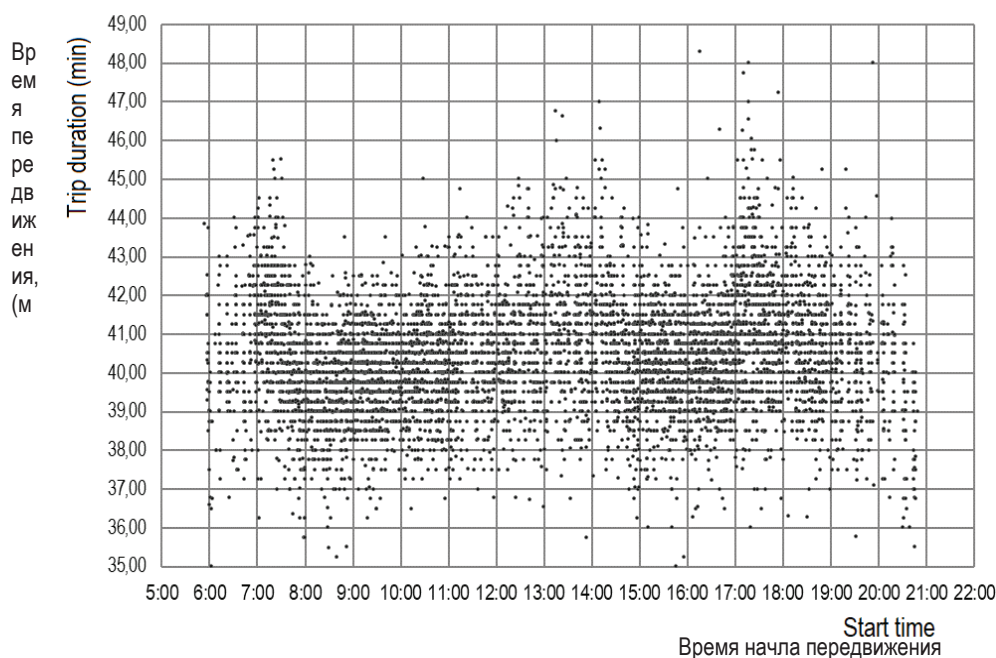


Рисунок 2 – Время передвижения на маршруте № 11 в г. Ангарске (02.03.2017–08.03.2017)

Figure 2 – Trip duration (min) of №11 route in Angarsk (02.03.2017–08.03.2017)

Таблица 2  
Пример статистика времени передвижения и надежности на маршруте № 27 в г. Ангарске

Table 2  
Statistics of trip duration and reliability of №27 route in Angarsk

Статистики продолжительности движения и значения показателей	Дата получения данных			
	3. 11.17	4.11.17	5.11.17	6.11.17
Количество треков	62	65	57	67
Средняя продолжительность, мин	79,02	76,37	78,60	78,47
Минимальная продолжительность, мин	74,75	70,28	70,75	67,00
Максимальная продолжительность, мин	87,15	82,25	91,50	87,43
перцентиль продолжительности 5%	75,25	71,88	71,98	73,75
перцентиль продолжительности 15%	76,00	73,50	76,22	76,00
перцентиль продолжительности 85%	81,87	79,17	81,40	80,75
перцентиль продолжительности 95%	84,78	80,22	86,58	82,00
Стандартное отклонение	3,02	2,53	3,82	2,78
Буферное время, мин	5,76	3,85	7,98	3,53
Буферный индекс	7,29%	5,03%	10,15%	4,50%
Временной индекс	1,15	1,09	1,17	1,11

Исследование выполнялось несколько месяцев в разные периоды года. Для получения использовалось бортовое оборудование Omnicomm LLS. Были получены треки ГЛОНАСС/GPS, далее обработанные с применением программы Wialon Pro (рисунок 1).

На основе полученных данных (рисунок 2)

для каждого маршрута рассчитывались статистики, представленные в таблице 2 и рисунке 3.

Выбор маршрутов оказался правильным, поскольку маршрут имеет совершенно разные характеристики и показатели надежности.

Так, маршруты № 27 и № 11 в г. Ангарске

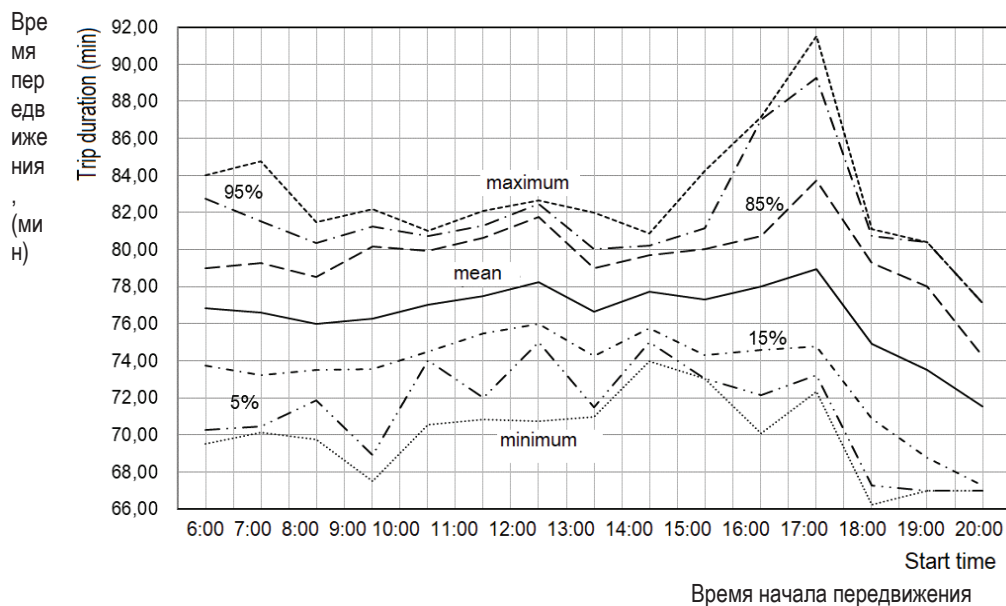


Рисунок 3 – Значения продолжительности движения на маршруте: минимум, максимум, среднее и значения 5%, 15%, 85% и 95% обеспеченности на маршруте № 27 в г. Ангарске (02.11.2017–11.11.017)

Figure 3 – Trip duration (minimum, maximum and mean values, 5%, 15%, 85% and 95% of trip duration) of №27 route in Angarsk (02.11.2017–11.11.017)

имеют 40 и 60 остановочных пунктов, а скорость сообщения составляют 17,8 и 17,85 км/ч. В пиковые периоды на рассматриваемых маршрутах не наблюдаются отклонения от расписания движения и выдерживаются рассчитанные для данных маршрутов скорости сообщения.

Исследованные маршруты № 18, 27, 37 и 67 в г. Иркутске имеют от 20 до 70 остановочных пунктов, скорость сообщения составляет соответственно 18,98; 16,08; 23,06 и 17,47 км/ч. Получены совершенно иные показатели, отличающиеся от данных маршрутов г. Ангарска. Маршруты показывают низкий уровень надежности и большие значения вариационного размаха продолжительности движения (таблица 3).

### ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования позволяют достаточно надежно утверждать, что в условиях Российской Федерации временной индекс сетей городского пассажирского транспорта может варьироваться в диапазоне значений 1,05–1,70. Соответственно диапазон значений буферного индекса может составлять 3–40%.

Существует два альтернативных подхода к формированию оценочной шкалы показателя:

- Разбиение вариационного размаха значений на равные интервалы.
- Использование квантилей распре-

ления значений оценочного критерия.

Нами был использован второй вариант построения шкалы, поскольку он обеспечивает чувствительность предлагаемой шкалы к вариации оценочного показателя, тем самым исключается вероятность попадания рассчитываемых значений оценочного показателя только в один из разрядов оценочной шкалы.

Сопоставляя результаты и публикуемую статистику других стран на этом предварительном этапе можно предлагать следующую шкалу оценки надежности маршрутов и сети общественного транспорта:

Сеть/маршрут высокой степени надежности –  $TTI < 1,10$ .

Надежная сеть/надежный маршрут –  $1,10 < TTI < 1,20$ .

Сеть/маршрут умеренной степени надежности –  $1,20 < TTI < 1,40$ .

Сеть/маршрут низкой степени надежности –  $TTI > 1,40$ .

Предложенная выше шкала будет уточнена по мере накопления репрезентативных статистических выборок, в том числе данных о взвешенных значениях, рассчитываемых для сети. Представляется, что наиболее объективную шкалу можно будет построить на основе квантилей распределения статистически репрезентативной выборки значений  $TTI$ , что является целью наших продолжающихся исследований.

Таблица 3  
Характеристики маршрутов г. Иркутска

Table 3  
Routes' characteristics in Irkutsk

Маршрут	Максимальное опоздание, мин	Максимальное опережение расписания, мин	Вариационный размах продолжительности движения, мин
№ 18	10	15	30
№ 27	10	10	18
№ 37	20	12	30
№ 67	15	12	40

Итоговые результаты исследования всех рассмотренных маршрутов представлены в таблице 4.

Таблица 4  
Результаты исследования надежности маршрутов городского пассажирского транспорта

Table 4  
Results of the urban passenger transport routes' reliability

Город Маршрут №	Значение временного индекса ТТИ		Значение буферного индекса ВІ	
	Прямое направление	Обратное направление	Прямое направление	Обратное направление
г. Ангарск № 11	1,07	1,10	4,02%	6,30%
г. Ангарск № 27	Ноябрь – 1,11		6,65%	
	Январь – 1,08		4,58%	
	Март-Апрель – 1,05		2,97%	
	Июль 1,06		4,47%	
г. Иркутск № 18	1,52	1,35	17,66%	13,97%
г. Иркутск № 27	2,05	1,28	39,19%	16,08%
г. Иркутск № 37	1,64	1,34	37,90%	19,90%
г. Иркутск № 67	1,56	1,64	26,27%	39,87%

Полученные результаты позволяют утверждать, что использование данных спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS позволяет оперативно и точно оценивать качество и надежность работы пассажирского транспорта<sup>7, 8</sup> [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bates J., Polak J., Jones P., Cook A. 2001. The valuation of reliability for personal travel. *Transportation Research Part E: Logistics*

and Transportation Review, 37 (2–3), 191–229.

2. Lyman, K., Bertini. R. L. Using Travel Time Reliability Measures to Improve Regional Transportation Planning and Operations. *Transportation Research Record*, No. 2046, 2008, pp. 1–10.

3. Polus, A. (1978). Modeling and Measurements of Bus Service Reliability. *Transportation Research*, 12(4), 253–256.

4. TAYLOR, M. A. P., 2013. Travel through time: the story of research on travel time reliability.

<sup>7</sup> Кравченко А.Е., Кравченко Е.А., Алимova А.И. Сетевое планирование и управление перевозочными услугами для населения муниципальных образований на основе моделей предпочтения и полезности автобусных маршрутов // *Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»*. 2018. С. 501–511.

<sup>8</sup> Шушкин М.А. Анализ факторов выбора потребителями городского пассажирского автобусного перевозчика // *Социально-экономические преобразования и проблемы: сборник научных трудов*. Нижний Новгород, 2018. С. 177–185.



Transportmetrica B, Transport Dynamics 1(3), 174-194.

5. Sharov M., Mikhailov A., Urban transport system reliability indicators. Transportation Research Procedia 2017. P. 591-595. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.095

6. Шаров М.И., Полежаев Н.Н. Оценка надежности функционирования маршрута городского пассажирского транспорта на основе применения геоинформационных технологий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 5 (124). С. 191–198.

7. Михайлов А.Ю., Шаров М.И. К вопросу развития современной системы критериев оценки качества функционирования общественного пассажирского транспорта // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. 2014. Т. 9. № 19 (146). С. 64–66. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-5-191-198.

8. Levashev A., Application of geoinformation technologies for the transportation demand estimation. Transportation Research Procedia 2017. P. 406-411. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.066

9. Левашев А.Г. Принципы выделения специальных расчетных транспортных районов в городском транспортном планировании // Градостроительство и архитектура. 2016. № 3 (24). С. 126–128. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.20.

10. Петров В.В., Кашталинский А.С. Управление транспортными потоками с учетом их стохастичности // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2012. №2 (24). С. 27–29.

11. Kashtalinsky A., Petrov V., Ryabokon Y., Method considering traffic stream variability over time when determining multiprogram control modes at signaled intersections. Transportation Research Procedia 2017. p. 277-282 DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.022.

12. Morchadze T., Rusadze N., Ways to address the challenges in passenger traffic within the urban transport systems, 2018 Transport Problems 13(3), P. 65-77 DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.118

13. Manukhina L., Analysis of modern approaches to the organization of parking areas in major cities. 2018MATEC Web of Conferences 193,01037 DOI: 10.1051/mateconf/201819301037.

14. Sakulyeva T., Megapolis public transport system. 2018 International Journal of Civil

Engineering and Technology 9(10), p. 647–658.

15. Яценко С.А., Колганов С.В. Маркетинговые исследования спроса на рынке пассажирских транспортных услуг в г. Иркутске // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 5 (64). С. 122–128.

16. Копылова Т.А. Теоретическое обоснование шкалы уровней обслуживания интермодальных узлов городского общественного пассажирского транспорта // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 9 (705). С. 91–100.

17. Zhankaziev S., Current trends of road-traffic infrastructure development. Transportation Research Procedia 2017. p. 731–739. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.118.

### REFERENCES

1. Bates J., Polak J., Jones P., Cook A. 2001. The valuation of reliability for personal travel. Transportation Research Part E: Logistics Transportation Review, and 37 (2–3): 191–229.

2. Lyman K., Bertini R. L. Using Travel Time Reliability Measures to Improve Regional Transportation Planning and Operations. Transportation Research Record, No. 2046, 2008: 1–10.

3. Polus, A. (1978). Modeling and Measurements of Bus Service Reliability. Transportation Research, 12(4): 253–256.

4. TAYLOR, M. A. P., 2013. Travel through time: the story of research on travel time reliability. Transportmetrica B, Transport Dynamics 1(3): 174–194.

5. Sharov M., Mikhailov A., Urban transport system reliability indicators. Transportation Research Procedia. 2017: 591–595. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.095

6. Sharov M.I., Polezhaev N.N., Ocenka nadezhnosti funkcionirovaniya marshruta gorodskogo passazhirskogo transporta na osnove primeneniya geoinformacionnyh tekhnologij [Evaluation of the route reliability of urban passenger transport based on the use of geographic information technologies]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2017; T. 21. No. 5 (124): 191–198 (in Russian).

7. Mihajlov A.YU., Sharov M.I., K voprosu razvitiya sovremennoj sistemy kriteriev ocenki kachestva funkcionirovaniya obshchestvennogo passazhirskogo transporta [On the development of a modern system of criteria for assessing the quality of public passenger transport]. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Nazemnye transportnye sistemy. 2014; T. 9. No. 19 (146): 64–66. DOI:

10.21285/1814-3520-2017-5-191-198 (in Russian).

8. Levashev A., Application of geoinformation technologies for the transportation demand estimation. *Transportation Research Procedia*. 2017: 406-411. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.066

9. Levashev A.G., Principy vydeleniya special'nyh raschetnyh transportnyh rajonov v gorodskom transportnom planirovanii [Principles for the allocation of special estimated transport areas in urban transport planning] *Gradostroitel'stvo i arhitektura*. 2016; 3 (24): 126-128. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.03.20 (in Russian).

10. Petrov V.V., Kashtalinskij A.S., Upravlenie transportnymi potokami s uchedom ih stohastichnosti [Control of the traffic with the statistical methods]. *Vestnik SibADI*. 2012; 2 (24): 27-29 (in Russian).

11. Kashtalinsky A., Petrov V., Ryabokon Y., Method considering traffic stream variability over time when determining multiprogram control modes at signaled intersections. *Transportation Research Procedia*. 2017: 277-282. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.022.

12. Morchadze T., Rusadze N., Ways to address the challenges in passenger traffic within the urban transport systems, 2018 *Transport Problems* 13(3): 65-77. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.118.

13. Manukhina L., Analysis of modern approaches to the organization of parking areas in major cities. 2018 *MATEC Web of Conferences* 193, 01037 DOI: 10.1051/mateconf/201819301037.

14. Sakulyeva T., Megapolis public transport system. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018; 9(10): 647-658.

15. Yacenko S.A., Kolganov S.V., Marketingovyye issledovaniya sprosna na rynke passazhirskih transportnyh uslug v g. Irkutske [Market research of demand of passenger transport services in Irkutsk]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2012; 5 (64): 122-128 (in Russian).

16. Kopylova T.A., Teoreticheskoe obosnovanie shkaly urovnej obsluzhivaniya intermodal'nyh uzlov gorodskogo obshchestvennogo passazhirskogo transporta [Theoretical substantiation of the scale of service levels of intermodal nodes of urban public transport]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2017; 9 (705): 91-100 (in Russian).

17. Zhankaziev S., Current trends of road-traffic infrastructure development. *Transportation Research Procedia* 2017: 731-739. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.118.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Шаров Максим Игоревич – канд. техн. наук, доц., ORCID: 0000-0002-9670-0751 Scopus Author ID: 56105267500, Researcher ID: H-5652-2012, доц. кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83, e-mail: sharov.maksim@gmail.com.*

*Михайлов Александр Юрьевич – д-р техн. наук, проф., ORCID: 0000-0003-1946-0659, Scopus Author ID: 57193751842, проф. кафедры автомобильного транспорта, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83, e-mail: mikhaylovay@gmail.com.*

**Поступила 26.04.2019, принята к публикации 21.06.2019.**

**Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.**

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Maksim I. Sharov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Automobile Transport Department, Irkutsk National Research Technical University, Scopus Author ID: 56105267500, Researcher ID: H-5652-2012 (Irkutsk, 83 Lermontova St., e-mail: sharov.maksim@gmail.com).*

*Aleksandr Yu. Mikhaylov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Automobile Transport Department, Irkutsk National Research Technical University, Scopus Author ID: 57193751842 (Irkutsk, 83 Lermontova St., e-mail: mikhaylovay@gmail.com).*

## ВКЛАД СОАВТОРОВ

*Шаров М.И. – Сбор данных для проведения эксперимента, а также непосредственно проведение эксперимента.*

*Михайлов А.Ю. – проработка теоретических вопросов.*

## AUTHORS' CONTRIBUTION

*Maksim I. Sharov – collection of the experiment data; the experiment conduction.*

*Aleksandr Yu. Mikhaylov – theoretical issues' research.*