

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-3-45-56

УДК 656.021

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ЧЕРЕЗ ОСТАНОВОЧНЫЕ ПУНКТЫ

Аверьянов Ю.И., Асфур Х.М.А., Голеняев Н.С.

В связи с большим разнообразием городского пассажирского транспорта, как по видам, так и по вместимости возникает вопрос о том, влияет ли данное разнообразие на пропускную способность остановочных пунктов. Исследования интенсивности движения городского пассажирского транспорта по пятнадцати остановочным пунктам позволили установить, что: количество маршрутных такси меняется по времени, не подчиняясь синусоидальной закономерности остальных видов городского пассажирского транспорта, что говорит о влиянии экономического фактора связанного только с целью извлечения прибыли; интенсивность движения городского пассажирского транспорта через остановочный пункт показывает преобладание в нем маршрутных такси, что является основной причиной возникновения заторов на остановочных пунктах и регулируемых перекрестках; движение различных видов городского пассажирского транспорта через остановочный пункт осуществляется в случайном порядке, что так же является причиной возникновения заторов.

Цель – определение интенсивности движения городского пассажирского транспорта через остановочные пункты путем использования «Яндекс.Карты» и приложения «2ГИС».

Метод или методология проведения работы. В статье использовались методы наблюдения и сравнения, а также статистические методы анализа.

Результаты. Получены зависимость количества городского пассажирского транспорта по их видам от времени суток и за-

зависимость количества пассажиров городского пассажирского транспорта по их видам от времени суток.

Область применения результатов. *Полученные результаты целесообразно учитывать при планировании и организации движения городского пассажирского транспорта.*

Ключевые слова: *интенсивность движения; улично-дорожная сеть; остановочный пункт; маршрутные такси; автобусы; троллейбусы*

STUDY OF THE MOVEMENT INTENSITY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT THROUGH BUS STOP POINTS

Averyanov Y.I., Asfur H.M.A., Golenyaev N.S.

Due to the wide variety of urban passenger transport; the terms, types and capacity of buses are the main parameters that will be denoted in this study, the question here arises as to whether this diversity affects the throughput of bus stop point capacity. The studies of the traffic intensity of urban passenger transport, at fifteen stopping points, made it possible to give an idea of:

The number of fixed-path minibus changes over time and not obeying the movement regularity with other types of urban passenger transport. Where that indicates the influence of an economic factor associated only to make a profit. The intensity of urban passenger transport through the bus stopping point shows the dominance of route minibus on it, and it that consider the main cause of congestion at the stop points; the movement of various types of urban passenger transport through the stopping point is carried out in a random order, it also causes congestion, too.

Purpose. *Analysis of factors affecting the capacity of a bus stop point for urban passenger transport.*

Methodology *in the article, economic-mathematical methods, and also statistical methods of the analysis were used.*

Results. *The most important parameters showing some aspects of carrying out the analysis of public transport movement operations at stop points are received.*

Practical implications. *The results obtained should be considered while planning and manage the movement of urban passenger transport.*

Keywords: *Traffic Intensity; Road Network; Bus Stop Point; Bus Path; Minibus; Bus; Trolleybus; Urban Passenger Transport*

Транспортный комплекс современного города включает в себя в частности городской пассажирский транспорт (ГПТ), к которому относятся транспорт массовый, общего пользования, а также общественный и индивидуального пользования (такси, ведомственные автомобили и автобусы) [2].

Нормальное жизнеобеспечение современного города, особенно крупного, невозможно без удобных и надежных транспортных связей [3, 4]. Наибольшее значение для жизнедеятельности города при этом имеют массовые виды ГПТ, роль которых в современном городе сводится к предоставлению удобств и снижению затрат времени на передвижение. Уровень развития ГПТ, разветвленность и плотность транспортной и маршрутной сети на территории города, интервал и скорость движения транспорта определяют время, которое жители города вынуждены затрачивать на необходимые поездки. Продолжительность поездки влияет на транспортную усталость населения, на их производительность и качество труда [1, 6, 7]. Кроме того, оптимизация времени в пути на сигнальных перекрестках обеспечивает лучшую экономию топлива [11].

Массовые виды ГПТ работают на заранее установленных маршрутах, и характеризуются большой вместимостью, высокой провозной способностью.

Наиболее распространенным из ГПТ является автобус. К преимуществам автобуса перед другими видами ГПТ следует отнести [2, 5]:

- хорошую маневренность;
- относительно небольшие капитальные вложения в организацию движения;

– большое разнообразие типов и видов как по вместимости (от микроавтобусов до сочлененных автобусов, повышенной вместимости), так и по стоимости.

В связи с большим разнообразием используемого подвижного состава по их типам и видам, так и по вместимости встает вопрос о том, влияет ли данное разнообразие на интенсивность движения, в частности через остановочные пункты (ОП) [13].

С целью установления влияния разнообразия подвижного состава на интенсивности движения общего потока через регулируемые узлы улично-дорожной сети (УДС), в частности, движения ГПТ через ОП, было проведено в ЮУрГУ натурное исследование [16].

Условия проведения исследования интенсивности движения ГПТ через ОП предполагали нижеуказанные допущения.

Сбор данных осуществлялся с помощью «Яндекс.Карты» и приложения «2ГИС» ручным способом. При сборе данных учитывались ГПТ, к которым относились маршрутные такси, автобусы и троллейбусы. Данные исследований собирались, когда на исследуемом участке отсутствовали происшествия и техническое обслуживание дорожного полотна.

Используя расписания ГПТ, которые работают в этом районе, и путем регистрации их типов и вместимости, работающих в обоих направлениях, определялись приблизительно количество пассажиров, пользующихся ГПТ.

На исследуемом участке города, по Комсомольскому проспекту, находилось 15 ОП (Каслинская ул. – Чичерина ул.) в двух направлениях с разными интенсивностями движения.

Для определения потенциального пассажиропотока принимались исследования зарубежных авторов, которые установили, что вместимость автобусов и троллейбусов составляет 85 пассажиров в полном транспортном средстве, а в маршрутном такси – 22 пассажира [14].

Ручной подсчет количества ГПТ на исследуемом участке города велся при одновременной фиксации времени прохождения ОП.

Принималось, что ГПТ движется со средней скоростью 30 км/ч.

Все сиденья и стоячие места ГПТ заняты на 90% в пиковые периоды и на 75% в другие периоды.

Расстояние между ОП измерялось с помощью «Яндекс.Карты» и приложения «2ГИС».

ОП, через которые проходили ГПТ, были собраны в группы по направлению маршрута, чтобы можно было обобщить полученные данные и представить их в табличной форме для анализа реальной ситуации.

На основании полученных данных была определена интенсивность движения ГПТ через ОП, на исследованном участке.

В ходе исследования интенсивности движения ГПТ путем наблюдения были собраны данные по 15-ти ОП, на Комсомольском проспекте, города Челябинск. Исследования интенсивности движения ГПТ проводились в двух взаимно противоположных направлениях, с учетом пассажиро-местимости основных видов ГПТ, которыми являются маршрутное такси, автобусы и троллейбусы, как показано в таблице 1, [14, 15].

Таблица 1.

Вместимость пассажиров по типу транспортного средства

№	Тип городского пассажирского транспорта	Вместимость, чел.
1	Маршрутное такси	22
2	Автобусы	85
3	Троллейбусы	85-110

Результаты исследования интенсивности движения по 15-ти ОП в двух направлениях с разными пропускными способностями были представлены в табличной форме для определения закономерности количества городского пассажирского транспорта и пассажиров по их видам от времени суток.

Используя уравнение:

$$B_{bb} = \frac{3600(g/c)}{t_c + t_d \left(\frac{g}{c} \right) + Z_a c_v t_d},$$

где B_{bb} – максимальное количество автобусов на машино-место в час (авт./ч); g/c – эффективное время зеленого света на цикл работы светофорного объекта (для остановочного пункта при нерегулируемом

перекрестке, $g/c = 1$); t_c – время освобождения (убытия) с остановочного пункта (t_c может составлять 9-20 с), с; t_d – времени затраченное на обслуживание пассажиров на остановочном пункте (посадка и высадка), с; c_v – коэффициент вариации времени обслуживания пассажиров на остановочном пункте (c_v может в среднем для t_d составлять 0,6 с); Z_a – коэффициент вероятности отказа в заявке на обслуживание (рекомендуемый Z_a на отказ может составлять 1.44-1.04).

Рассчитаем пропускную способность одного ОП с учетом следующих значений $g/c = 0.45$, $t_c = 10$, $t_{om} = 45$ значение t_d , которые можно определить из таблицы 2.

Таблица 2.

Максимальное количество автобусов на остановочных пунктах в час в зависимости от среднего времени ожидания [9, 10, 12]

t_d , (с)	B_{bb} , (авт./час)	t_d , (с)	B_{bb} , (авт./час)
20	25	60	19
30	23	100	16
40	22	120	14
50	20	–	–

В результате исследования интенсивности движения ГПТ в течение дневного времени, с 8:00 до 19:00 часов, были получены зависимости количества ГПТ и количества пассажиров ГПТ по их видам от времени суток, рисунок 1 и 2.

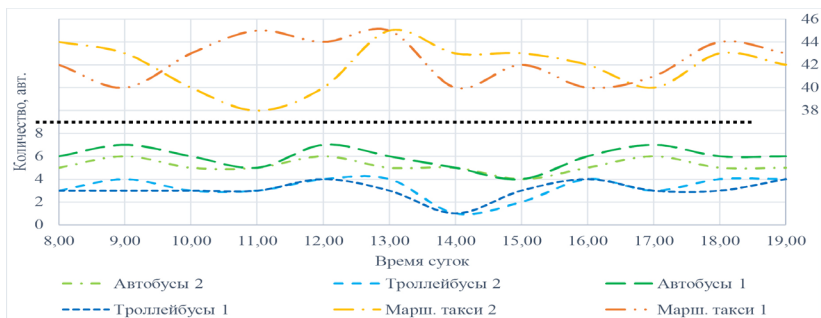


Рис. 1. Зависимость количества городского пассажирского транспорта по их видам от времени суток (1 направление от ул. Каслинская до ул. Чичерина; 2 – обратное направление)

В целом интенсивность движения ГПТ (рисунок 1) имеет вид близкий к синусоидальной закономерности. Следует отметить, что повышенная интенсивность движения ГПТ через ОП наблюдается, как и следовало ожидать в пиковые часы, то есть в дневное, обеденное и вечернее время, однако наблюдается особенность движения среди разных типов ГПТ.

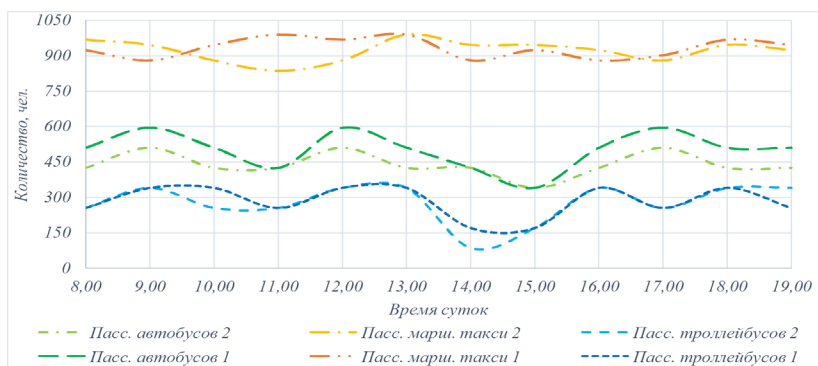


Рис. 2. Зависимость количество пассажиров городского пассажирского транспорта по их видам от времени суток (1 направление от ул. Каслинская до ул. Чичерина; 2 – обратное направление)

Зависимость количество пассажиров городского пассажирского транспорта (рисунок 2) по их видам от времени суток имеет подобную, как и в первом случае, синусоидальную закономерность. Однако пассажиропоток на ГПТ резко отличается по видам транспорта [8], что показывает приоритет автобусов над остальными видами ГПТ.

Исследования интенсивности движения ГПТ через ОП позволили установить ее особенности и сделать следующие выводы:

1. Установлено, что количество маршрутных такси меняется по времени, не подчиняясь синусоидальной закономерности остальных видов ГПТ, что говорит о влиянии экономического фактора связанного с целью извлечения прибыли.

2. Интенсивность движения ГПТ через ОП показывает преобладание маршрутных такси перед остальными видами ГПТ, что является основной причиной возникновения заторов на ОП.

3. Движение различных видов ГПТ через ОП осуществляется в случайном порядке, что так же является причиной возникновения заторов на ОП.

Список литературы

1. Аверьянов Ю. И., Асфур Х. М. А., Голеняев Н. С. Теоретическое обоснование скоростного режима общественного автотранспорта для безостановочного проезда регулируемого перекрестка // Экономика и менеджмент. 2021. Т. 15, №. 1. С. 182-188.
2. Булавина Л. В. Проектирование и оценка транспортной сети и маршрутной системы в городах: учебно-методическое пособие. 2019. 80 с.
3. Димова И. П. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств в зоне их влияния: дис. Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2009. 167 с.
4. Зедгенизов А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: автореф. ... канд. техн. наук. 2008. 20 с.
5. Липенков А. В., Кузьмин Н. А., Ерофеева Л. Н. Математическая модель пропускной способности остановочного пункта в случае отсутствия маневров по обгону автобусами друг друга // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 4 (179). С. 87-94. http://vestnik.osu.ru/2015_4/15.pdf
6. Averyanov Y. I., Asfoor H. M. A., Golonyaev N. S. Influence of the Speed of Motion of Public Motor Transport and the Time of the Green Signal of the Light Traffic on the Formation of Their Transport Flow // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. Vol. 666. №. 4, 042085.
7. Averyanov Y., Golonyaev N., Giniyatullin I. Method for the organization of non-stop passage of public transport through a controlled intersection // Transportation research procedia. 2020. Vol. 50. P. 28-36.
8. Çalışkanelli S. P., Coşkun Atasever F., Tanyel S. Start-up lost time and its effect on signalized intersections in Turkey // Promet-Traffic&Transportation. 2017. Vol. 29, No. 3. P. 321-329.

9. Dueker K. J. et al. Determinants of bus dwell time // Journal of public transportation. 2004. Vol. 7, No. 1. P. 2.
10. Fernández R. Modelling bus stop interactions. PhD Thesis. 2001.
11. Ghasemlou K., Aydın M. M., Yıldırım M. S. Comparison of delay time models for over-saturated traffic flow conditions at signalized intersections // International journal of advanced science and technology. 2015. Vol. 84. P. 9-18.
12. Highway Capacity Manual 2000. – Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000. 1134 p.
13. Peña C., Moreno E. Delay at Bus Stops of Transmilenio Transport System According to Parameters Measured” in situ”. Case Study Bogotá-Colombia // Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2014. Vol. 160. P. 121-129.
14. Powell F. et al. The costs and benefits of inner city parking vis-à-vis network optimisation. 2015. № 575.
15. Reilly W. Highway capacity manual 2000. TR News. 1997. № 193.
16. Shepelev V. D. et al. The Estimation of Traffic Flow Parameters based on Monitoring the Speed Values using Computer Vision // VEHTS. 2021. P. 752-759.

References

1. Averyanov Y. I., Asfur H. M. A., Golenyaev N. S. Teoreticheskoe obosnovanie skorostnogo rezhima obshchestvennogo avtotransporta dlya bezostanovochnogo proezda reguliruemogo perekrestka [Theoretical substantiation of the high-speed mode of public transport for non-stop passage of a regulated intersection]. *Ekonomika i menedzhment* [Economics and management], 2021, vol. 15, no. 1, pp. 182-188.
2. Bulavina L. V. *Proektirovanie i otsenka transportnoy seti i marshrut-nyoy sistemy v gorodakh: uchebno-metodicheskoe posobie* [Design and assessment of the transport network and route system in cities: teaching aid]. 2019, 80 p.
3. Dimova I. P. *Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya ostanovochnykh punktov gorodskogo passazhirskogo transporta i dvizheniya transportnykh sredstv v zone ikh vliyaniya* [Increasing the efficiency

- of the functioning of stopping points of urban passenger transport and the movement of vehicles in the zone of their influence]. Tyumen State Oil and Gas University, 2009, 167 p.
4. Zedgenizov A. V. *Povyshenie effektivnosti dorozhnogo dvizheniya na ostanovochnykh punktakh gorodskogo passazhirskogo transporta* [Improving the efficiency of road traffic at stopping points of urban passenger transport]. 2008, 20 p.
 5. Lipenkov A. V., Kuzmin N. A., Erofeeva L. N. Matematicheskaya model' propusknoy sposobnosti ostanovochnogo punkta v sluchae otsutstviya manevrov po obgonu avtobusami drug druga [Mathematical model of the throughput of a stopping point in the absence of maneuvers to overtake each other by buses]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2015, no. 4 (179), pp. 87-94. http://vestnik.osu.ru/2015_4/15.pdf
 6. Averyanov Y. I., Asfoor H. M. A., Golenyaev N. S. Influence of the Speed of Motion of Public Motor Transport and the Time of the Green Signal of the Light Traffic on the Formation of Their Transport Flow. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2021, vol. 666, no. 4, 042085.
 7. Averyanov Y., Golenyaev N., Giniyatullin I. Method for the organization of non-stop passage of public transport through a controlled intersection. *Transportation procedural research*, 2020, vol. 50, pp. 28-36.
 8. Çalıřkanelli S. P., Cořkun Atasever F., Tanyel S. Start-up lost time and its effect on signalized intersections in Turkey. *Promet-Traffic&Transportation*, 2017, vol. 29, no. 3, pp. 321-329.
 9. Dueker K. J. et al. Determinants of bus dwell time. *Journal of public transportation*, 2004, vol. 7, no. 1, p. 2.
 10. Fernández R. Modelling bus stop interactions. PhD Thesis. 2001.
 11. Ghasemlou K., Aydın M. M., Yıldırım M. S. Comparison of delay time models for over-saturated traffic flow conditions at signalized intersections. *International journal of advanced science and technology*, 2015, vol. 84, pp. 9-18.
 12. Highway Capacity Manual 2000. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C., USA, 2000, 1134 p.

13. Peña C., Moreno E. Delay at Bus Stops of Transmilenio Transport System According to Parameters Measured” in situ”. Case Study Bogotá-Colombia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, vol. 160, pp. 121-129.
14. Powell F. et al. The costs and benefits of inner city parking vis-à-vis network optimization, 2015. № 575.
15. Reilly W. Highway capacity manual 2000. TR News, 1997, № 193.
16. Shepelev V. D. et al. The Estimation of Traffic Flow Parameters based on Monitoring the Speed Values using Computer Vision. VEHITS, 2021, pp. 752-759.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Аверьянов Юрий Иванович, профессор кафедры «Автомобильный транспорт», доктор технических наук
*Южно-Уральский государственный университет
ул. Проспект Ленина, 76, г. Челябинск, Челябинская область, 454080, Российская Федерация
aver541710@mail.ru*

Асфур Хасанаин Мухи Асфур, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт»
*Южно-Уральский государственный университет
ул. Проспект Ленина, 76, г. Челябинск, Челябинская область, 454080, Российская Федерация
iraqieng2003@yahoo.com*

Голеняев Николай Сергеевич, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт»
*Южно-Уральский государственный университет
ул. Проспект Ленина, 76, г. Челябинск, Челябинская область, 454080, Российская Федерация
golenuaev@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yuri I. Averyanov, Professor of the Department of Automobile Transport, Doctor of Technical Sciences

South Ural State University
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, 454080, Russian Federation
aver541710@mail.ru
SPIN-code: 3472-2648
ORCID: 0000-0002-5934-4436
Scopus Author ID: 57202610487

Hasanain Muhi Asfour Asfur, Postgraduate Student of the Department of Automobile Transport
South Ural State University
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, 454080, Russian Federation
iraqieng2003@yahoo.com
ORCID: 0000-0003-3448-101X
Scopus Author ID: 57222469510

Nikolay S. Golenyaev, Post-Graduate Student of the Department “Automobile Transport”
South Ural State University
76, Lenin Ave., Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, 454080, Russian Federation
golenyaev@mail.ru
SPIN-code: 8270-6479
ORCID: 0000-0003-3657-3567
Scopus Author ID: 57220118690