

ТРАНСПОРТНЫЕ НАУКИ

УДК 656.02-44.3(470.56)

DOI: 10.25198/2077-7175-2020-1-82

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СЛОЖНОСТИ МАРШРУТОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ПАССАЖИРОВ С УЧЕТОМ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИТУАЦИЙ

С. В. Горбачёв

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: trf12@mail.osu.ru

Аннотация. Актуальность исследуемой проблемы обусловлена высокой аварийностью с участием маршрутных транспортных средств и отсутствием показателя безопасности при определении интегрального показателя уровня качества транспортного обслуживания населения. Целью статьи является повышение безопасности пассажирских перевозок в муниципальных образованиях. Анализ нормативной документации показал недостаточное внимание вопросам безопасности на этапе разработки технологического процесса оказания услуги по перевозке пассажиров. В настоящее время отсутствуют научно обоснованные критерии выбора той или иной схемы маршрута с точки зрения уровня сложности маршрута и его безопасности при различных схемах организации дорожного движения, возможности использования приоритета в движении маршрутных транспортных средств. По статистике основной причиной дорожно-транспортных происшествий является нарушение водителями автобусов правил дорожного движения, при этом высокая психо-физиологическая напряженность труда на сложных маршрутах вместе с недостаточной квалификацией и является основной причиной ошибок при управлении транспортными средствами. На основе анализа нормативно-технической документации представляется целесообразным при определении уровня качества транспортного обслуживания населения дополнительно использовать уровень сложности маршрута транспортных средств, который будет определяться, прежде всего, уровнем организации и безопасности дорожного движения. Использование данного показателя будет способствовать не только повышению безопасности пассажирских перевозок, но и повышению безопасности дорожного движения в целом в муниципальных образованиях. Разработана методика оценки сложности маршрутов, учитывающая значения частных коэффициентов аварийности для условий движения в населенных пунктах городского типа. Исследование автобусного маршрута № 40 города Оренбурга показало, что основными факторами, влияющими на сложность маршрута, являются маневрирование на остановочном пункте в заездном кармане, проезд регулируемых пересечений и наличие нерегулируемых пешеходных переходов. При этом высокие значения показателя сложности этих ситуаций связаны не только с их значительным количеством на маршруте, но и высоким коэффициентом аварийности на этих участках. Внедрение предлагаемой методики позволит предопределять конструкцию будущей улично-дорожной сети и устанавливать перечень первоочередных мероприятий по снижению сложности существующих маршрутов городского пассажирского транспорта.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, сложность маршрута, коэффициент аварийности, безопасность движения, маршрутные транспортные средства.

Для цитирования: Горбачев С. В. Разработка методики оценки сложности маршрутов при перевозке пассажиров с учетом уровня безопасности транспортных ситуаций // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – № 1. – С. 82–89. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-1-82.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE COMPLEXITY OF ROUTES DURING THE TRANSPORTATION OF PASSENGERS, TAKING INTO ACCOUNT THE LEVEL OF SECURITY OF TRANSPORT SITUATIONS

S. V. Gorbachev

Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: trf12@mail.osu.ru

Abstract. The relevance of the problem under study is due to the high accident rate involving route vehicles and the absence of a safety indicator in determining the integral indicator of the level of quality of transport services to the population. The purpose of the article is to improve the safety of passenger transport in municipalities. Analysis of regulatory documents showed insufficient attention to safety issues at the stage of development of technological process of passenger transportation service provision. At present, there are no scientifically reasonable criteria for the selection of a route scheme in terms of the level of complexity of the route and its safety under various road traffic management schemes, the possibility of using priority in the traffic of route vehicles. According to statistics, the main cause of road traffic accidents is violation of traffic rules by bus drivers, at the same time high psycho-physiological tension of work on difficult routes together with insufficient qualification and is the main cause of errors in driving. On the basis of the analysis of the regulatory and technical documentation, it seems useful to further use the level of complexity of the route of vehicles in determining the level of quality of transport services to the population, which will be determined primarily by the level of organization and road safety. The use of this indicator will contribute not only to improving the safety of passenger transport, but also to improving road safety in general in municipalities. A method of estimating the complexity of routes has been developed, taking into account the values of private accident factors for traffic conditions in urban settlements. A study of bus route No. 40 of the city of Orenburg found that the main factors affecting the complexity of the route were maneuvering at the stop point in the ride pocket, the passage of regulated crossings and the presence of unregulated pedestrian crossings. At the same time, the high values of the difficulty indicator of these situations are related not only to their significant number on the route, but also to the high accident rate on these sections. The introduction of the proposed methodology will allow to predetermine the design of the future street-road network and establish a list of priority measures to reduce the complexity of existing routes of urban passenger transport.

Keywords: passenger traffic, route complexity, accident rate, traffic safety, route vehicles.

Cite as: Gorbachev, S. V. (2020) [Development of a methodology for assessing the complexity of routes during the transportation of passengers, taking into account the level of security of transport situations]. *Intellect. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol.1, pp.82–89. DOI: 10.25198/2077-7175-2020-1-82.

Введение

С каждым годом возрастает уровень автомобилизации населения, что влечет за собой увеличение интенсивности движения, нагрузки на сеть автомобильных дорог и всех участников дорожного движения, прежде всего, водителей транспортных средств. Наиболее остро начинают возникать проблемы повышения пропускной способности дорог и пересечений, так как заторы транспортных средств влекут за собой большие социально-экономические потери [3, 9, 11]. Однако при организации работы пассажирского автомобильного транспорта особое внимание необходимо обращать не на оптимизацию издержек, связанных с техническими показателями работы подвижного состава, а на показатели безопасности дорожного движения. Целью работы является повышение безопасности пассажирских перевозок в муниципальных образованиях.

Обзор литературы

В настоящее время ГОСТ Р 51004-96 «Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества» устанавливает номенклатуру основных групп показателей качества пассажирских перевозок, где наряду с показателями информационного обеспечения, комфортности, скорости, своевременности и сохранности багажа присутствуют показатели безопасности.

К показателям безопасности относят надежность функционирования транспортных средств,

профессиональную пригодность исполнителей транспортных услуг и готовность транспортного средства к выполнению конкретной перевозки, где особое внимание уделяется укомплектованности и техническому состоянию подвижного состава, уровню квалификации исполнителей и обеспеченности нормативной документацией. Анализ данного нормативного документа показывает недостаточное внимание вопросам безопасности на этапе разработки технологического процесса оказания услуги по перевозке пассажиров.

Проектирование процесса оказания услуг согласно ГОСТ Р 51825-2001 «Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования» предусматривает разработку технологического процесса оказания услуги. Одним из результатов проектирования является схема маршрута. Однако в данном нормативном документе также отсутствуют научно обоснованные критерии выбора той или иной схемы маршрута с точки зрения уровня сложности маршрута и его безопасности при различных схемах организации дорожного движения, возможности использования приоритета в движении маршрутных транспортных средств.

В социальном стандарте Министерства транспорта Российской Федерации утверждена методика оценки качества транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров по маршрутам регулярных перевозок, результаты расчетов, по которой происходит составление рейтинга муниципальных образований. При

определении интегрального показателя уровня качества транспортного обслуживания населения используются такие показатели как: территориальная доступность остановочных пунктов; доступность транспортных средств для маломобильных групп населения; ценовая доступность поездок по муниципальным маршрутам регулярных перевозок; соблюдение расписания движения; комфортность пользования услугами по перевозке; оснащённость транспортных средств средствами информирования пассажиров; экологичность транспортных средств.

На основе анализа нормативно-технической документации представляется целесообразным при определении уровня качества транспортного обслуживания населения дополнительно использовать уровень сложности маршрута транспортных средств, который будет определяться, прежде всего, уровнем организации и безопасности дорожного движения. Использование данного показателя будет способствовать не только повышению безопасности пассажирских перевозок, но и повышению безопасности дорожного движения в целом в муниципальных образованиях.

Проведенные исследования показывают, что большинство пассажиров отмечают безопасность как приоритетный показатель качества перевозок [2, 15].

В настоящее время продолжает оставаться актуальной проблема высокой аварийности на автомобильных дорогах, связанная с водителями автобусов. По статистике основной причиной дорожно-транспортных происшествий является нарушение водителями автобусов правил дорожного движения, однако высокая психо-физиологическая напряженность труда вместе с недостаточной квалификацией и является основной причиной ошибок при управлении транспортными средствами.

Соответствие маршрутов требованиям безопасности дорожного движения должно определяться на основании параметров и состоянии проезжей части, состоянии искусственных сооружений, железнодорожных переездов, наличии технических средств организации движения [4].

Под сложностью маршрута движения обычно понимается совокупное действие факторов, отражающих интенсивность использования подвижного состава, удельный пассажиропоток, число остановочных пунктов, вид пересечения улиц и дорог, состояние дорожного покрытия, величину спусков и подъемов, интенсивность транспортного и пешеходного потока, освещенность в темное время суток и т. д. [1]. Факторы, определяющие сложность труда водителя на пассажирском городском маршруте, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Факторы, определяющие сложность труда водителя

Изменение внешних условий проезда различных участков улично-дорожной среды немедленно отражается на эмоциональной напряженности

водителей. Внешне они протекают незаметно. Но накапливаясь, эмоциональная напряженность снижает способность водителей быстро реагиро-

вать на изменение обстановки движения, следствием чего могут быть ошибки, приводящие к дорожно-транспортным происшествиям.

В наибольшей мере реальная маршрутная

сложность труда водителей зависит от группы организационно-технических факторов, которые представлены на рисунке 2.



Рисунок 2. Организационно-технические факторы сложности труда водителя

Решению проблемы повышения качества и безопасности городских пассажирских перевозок посвящены труды многих российских и зарубежных

ученых [6, 7, 12, 14]. Известные методы оценки сложности маршрута движения автобуса представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. Методы оценки сложности маршрута движения автобуса

Разработка методики

За основу при разработке методики оценки сложности маршрута был взят алгоритмический

метод оценки сложности выполнения алгоритма трудового процесса [1]. Общая сложность выполнения алгоритма определяется в баллах и зависит от

типовых действий, приводящих к формированию одной управляющей операции, логических условий, определяющих выбор того или иного типового действия, показателя логической сложности выполнения алгоритма и суммарной энтропии появления логических условий и типовых действий в каждой транспортной ситуации [13].

Общая сложность выполнения алгоритма определяется по формуле:

$$S = N \cdot \frac{L}{Z} \cdot H_{ij}, \quad (1)$$

где

N – число членов алгоритма;

L – показатель логической сложности;

Z – показатель стереотипности;

H_{ij} – суммарная энтропия появления логических условий и типовых действий.

Алгоритмический метод дает возможность сделать количественный анализ психофизиологических особенностей труда водителя. Однако, в трудовой деятельности водителей часто возникают ситуации, требующие принятия нестандартных решений, нередко в условиях жестокого ограничения времени. В связи с этим для оценки сложности городского маршрута предлагается дополнительно учитывать значения частных коэффициентов аварийности для условий движения в населенных пунктах городского типа [5, 10].

Метод коэффициентов аварийности основан на определении итогового коэффициента аварийности по формуле [8]:

$$K_{\infty} = \prod_{i=1}^{i=n} K_i, \quad (2)$$

где

K_i – частные коэффициенты аварийности;

n – число частных коэффициентов аварийности.

При установлении очередности перестройки опасных участков необходимо дополнительно учитывать тяжесть ДТП. При этом итоговые коэффициенты аварийности следует умножить на дополнительные коэффициенты тяжести (стоимостные коэффициенты, учитывающие возможные потери народного хозяйства от ДТП):

$$m_i = \prod_{i=1}^{i=n} m_i, \quad (3)$$

где

m_i – дополнительные стоимостные коэффициенты.

Таким образом, оценку сложности городского маршрута предлагается проводить по следующей формуле:

$$S_M = \sum_{i=1}^{i=n} S_i \cdot n_i \cdot K_{AB} \cdot M_T, \quad (4)$$

где

n_i – количество транспортных ситуаций на маршруте.

Апробация предлагаемой методики проводилась в городе Оренбурге на примере маршрута № 40. Результаты расчета сложности автобусного маршрута представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расчет сложности автобусного маршрута № 40 города Оренбурга

Типовая транспортная ситуация	Количество за один оборот	Сложность одной транспортной ситуации	Коэффициент аварийности	Коэффициент тяжести	Итоговая сложность
Остановочный пункт без «кармана»	28	47,88	2,775	1	3721
Остановочный пункт в «кармане»	46	109,39	1,388	1	6983
Проезд прямо на регулируемом пересечении	22	68,98	2,886	1	4379
Проезд направо на регулируемом пересечении	4	77,46	2,886	1	894
Проезд налево на регулируемом пересечении	2	94,46	2,886	1	545
Проезд нерегулируемого пересечения по главному направлению	14	66,48	1,580	1	1470
Проезд нерегулируемого пересечения по второстепенному направлению	4	136,92	5,923	1	3244
Нерегулируемые пешеходные переходы	30	103,52	3,167	1	9835
Регулируемые пешеходные переходы	36	46,56	1,433	1	2402
Перестроения для смены полосы	11	30,34	1,180	1	394
Искусственные неровности	2	27,44	1,000	1	55
Итого по маршруту	33921				

Результаты исследования

Результаты расчетов показали, что основными факторами, влияющими на сложность автобусного маршрута, являются: маневрирование на остановочном пункте в заездном кармане, проезд регулируемых пересечений и наличие нерегулируемых пешеходных переходов. Причем высокие значения показателя сложности этих ситуаций связаны не только с их значительным количеством на маршруте, но и высоким коэффициентом аварийности на этих участках.

Полученные новые результаты оценки сложности маршрута и разработанная методика вносят существенный вклад в теорию и практику обеспечения безопасности пассажирских перевозок.

Внедрение предлагаемой методики позволит составлять оптимальные маршруты при перевозке пассажиров автомобильным транспортом, а на существующих маршрутах определять перечень первоочередных мероприятий по снижению сложности маршрута и обеспечению безопасности перевозок пассажиров.

Литература

1. Горбачев С. В. Оценка сложности автобусных городских маршрутов. / С. В. Горбачев, А. Ф. Фатахова // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий: сб. науч. тр. по материалам XIV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 95-лет. юбилею проф. Авдоськина Федора Николаевича (1923–1996), 1–3 нояб. 2018. – Саратов: СГТУ им. Гагарина Ю. А., 2018. – С. 122–128.
2. Зедгенизов А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Иркутск, 2008. – 197 с.
3. Кашталинский А. С., Петров В. В. Влияние дорожно-транспортных факторов на неравномерность транспортных потоков в городах. / А. С. Кашталинский, В. В. Петров // Вестник ИргТУ №1 (108). – 2016. – С. 116–123.
4. Конин И. В. Разработка метода оценки сложности автобусных маршрутов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – Москва, 1994. – 184 с.
5. Ларин О. Н. Вопросы применения системного подхода для повышения безопасности дорожного движения / О. Н. Ларин, К. В. Глемба, В. И. Майоров // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2013. – № 11. – С. 52–55.
6. Назаров А. А. Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию функционирования городских автобусов на основе учета сложности маршрута движения: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. – М., 2006. – 221 с.
7. Пегин П. А. Повышение эффективности и безопасности эксплуатации автомобильного транспорта на основе увеличения пропускной способности автомагистралей: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10. – Орёл, 2011. – 345 с.
8. Плотников А. М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети мегаполисов: дис. ... д-ра техн. наук. – М.: МАДИ, 2015. – 252 с.
9. Пузаков А. В. Исследование влияния остановочных пунктов на пропускную способность городских магистралей и величину затрат на перевозки / А. В. Пузаков, С. В. Горбачев // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 11. – С. 36–39.
10. Рябоконь Ю. А. Конфликтные ситуации и дорожная аварийность с участием пешеходов на городских магистралях / Ю. А. Рябоконь, М. Г. Симуль // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2011. – № 3 (21). – С. 19–23.
11. Спешилова Н. В. Развитие транспорта и экономический рост региона. / Н. В. Спешилова, О. И. Бантикова, С. В. Горбачев, Т. М. Шпильман, Р. Р. Рахматуллин // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 3 (92). – С. 419–424.
12. Сыщиков Д. А. Снижение аварийности на грузовом автомобильном транспорте посредством выбора безопасного маршрута / Д. А. Сыщиков, Д. А. Тарабрин, В. А. Гавриков // Организация и безопасность дорожного движения: материалы X международной научно-практической конференции (16 марта 2017 г.). – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 157–160.
13. Уткин А. В. Моделирование оценки водителями дорожной обстановки / А. В. Уткин, Ю. В. Миронов // Системный анализ дорожного движения и дорожно-транспортных происшествий. Сб. науч. тр. МАДИ. – 1989. – С. 95–101.
- 14/ Wang Junhua, Kong Yumeng, Fu Ting (2017) The impact of vehicle moving violations and freeway traffic flow on crash risk: An application of plugin development for microsimulation. Plos on. Vol. 12, pp. 180–192.
15. Albalade D, Bel-Pinana P (2019) The effects of public private partnerships on road safety outcomes. Accident analysis and prevention. Vol. 128, pp. 53–64.

References

1. Gorbachev, S. V. (2018) [Assessment of the complexity of city bus routes]. *Sovershenstvovaniye avto-transportnykh sistem i servisnykh tekhnologiy: sb. nauch. tr. po materialam XIV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., posvyashch. 95-let. yubileyu prof. Avdon'kina Fedora Nikolayevicha (1923–1996), 1–3 noyab* [Improving motor transport systems and service technologies: Sat. scientific tr based on the materials of the XIV Intern. scientific and technical Conf. 95 years old. the anniversary of prof. Avdonkin Fedor Nikolaevich (1923–1996), November 1–3]. Saratov: SSTU im. Gagarina Yu.A., pp. 122–128. (In Russ.).
2. Zedgenizov, A. V. (2008) *Povysheniye effektivnosti dorozhnogo dvizheniya na ostanovochnykh punktakh gorodskogo passazhirskogo transporta. Dokt. Diss.* [Improving the efficiency of traffic at stopping points of urban passenger transport. Doct. Diss.]. Irkutsk, 197 p.
3. Kashtalinsky, A. S., Petrov, V. V. (2016) [Influence of road traffic factors on the unevenness of traffic flows in cities]. *Vestnik IrGTU* [Bulletin of ISTU]. Vol. 1 (108), pp. 116–123. (In Russ.).
4. Konin, I. V. (1994) *Razrabotka metoda otsenki slozhnosti avtobusnykh marshrutov. Dokt. Diss.* [Development of a method for assessing the complexity of bus routes. Doct. Diss.]. Moscow, 184 p.
5. Larin, O. N. (2013) [Issues of applying a systematic approach to improve road safety]. *Transport: nauka, tekhnika, upravleniye. Nauchnyy informatsionnyy sbornik* [Transport: science, technology, management. Scientific information collection]. Vol. 11, pp. 52–55. (In Russ.).
6. Nazarov, A. A. (2006) *Razrabotka kompleksa meropriyatiy po sovershenstvovaniyu funktsionirovaniya gorodskikh avtobusov na osnove ucheta slozhnosti marshruta dvizheniya. Dokt. Diss.* [Development of a set of measures to improve the functioning of city buses based on the complexity of the route. Doct. Diss.]. Moscow, 221 p.
7. Pegin, P. A. (2011) *Povysheniye effektivnosti i bezopasnosti ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta na osnove uvelicheniya propusknoy sposobnosti avtomagistralei. Dokt. Diss.* [Improving the efficiency and safety of the operation of road transport based on increasing the throughput of highways. Doct. Diss.]. Orel, 345 p.
8. Plotnikov, A. M. (2015) *Metodologiya obespecheniya bezopasnosti dvizheniya na reguliruyemykh pere-secheniyakh ulichno-dorozhnoy seti megapolisov. Dokt. Diss.* [Methodology for ensuring traffic safety at regulated intersections of the street-road network of megacities. Doc. Diss.]. Moscow, MADI, 252 p.
9. Puzakov, A. V. (2017) [Research on the effect of stopping points on the throughput of city highways and the value of transportation costs]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation Investments]. Vol.11, pp. 36–39. (In Russ.).
10. Ryabokon, Yu. A. (2011) [Conflict situations and traffic accidents involving pedestrians on city highways]. *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii* [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy]. Vol. 3 (21), pp. 19–23. (In Russ.).
11. Speshilova, N. V. (2018) [Development of transport and economic growth of the region]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship]. Vol. 3 (92), pp. 419–424. (In Russ.).
12. Syschikov, D. A. (2017) [Reducing accident rate in freight transport by choosing a safe route]. *Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (16 marta 2017 g.)* [Organization and road safety: proceedings of the X international scientific and practical conference (March 16, 2017)]. Tyumen: TIU, pp. 157–160. (In Russ.).
13. Utkin, A. V. (1989) [Modeling drivers' assessments of the road situation]. *Sistemnyy analiz dorozhnogo dvizheniya i dorozhno-transportnykh proisshestviy* [System analysis of traffic and traffic accidents]. Sat scientific tr MADI, pp. 95–101. (In Russ.).
14. Wang, Junhua, Kong Yumeng, Fu Ting (2017) “The impact of vehicle moving violations and freeway traffic flow on crash risk: An application of plugin development for microsimulation”. *Plos on*, Vol. 12, pp. 180–192. (In Engl.).
15. Albalade, D, Bel-Pinana P (2019) “The effects of public private partnerships on road safety outcomes”. *Accident analysis and prevention*. Vol. 128, pp. 53–64. (In Engl.).

Информация об авторе:

Сергей Викторович Горбачев, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: trfl2@mail.osu.ru

Статья поступила в редакцию 12.11.2019; принята в печать 22.01.2020.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Sergey Viktorovich Gorbachev, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department of automobile transport, Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: trf12@mail.osu.ru

The paper was submitted: 12.11.2019.

Accepted for publication: 22.01.2020.

The author has read and approved the final manuscript.