

DOI: 10.15593/24111678/2016.03.06

УДК 625.712.1

А.Н. Клоян¹, А.М. Бургонутдинов²

¹ Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

² Пермский военный институт войск национальной гвардии
Российской Федерации, Пермь, Россия

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА ШОССЕ КОСМОНАВТОВ И УЛИЦЫ МИРА В ГОРОДЕ ПЕРМИ

В настоящее время в связи с ростом автомобильного парка и, как следствие, с увеличением интенсивности движения и коэффициента загрузки дорог все более актуальной становится проблема несоответствия параметров улично-дорожной сети требованиям безопасности движения. Это приводит к таким последствиям, как человеческие жертвы, материальный ущерб в результате дорожно-транспортных происшествий, транспортные заторы, снижение скорости движения. В данной статье затронута проблема ухудшения состояния безопасности дорожного движения в российских городах вследствие несоответствия параметров улично-дорожной сети темпам автомобилизации. Предпринята попытка анализа возможных вариантов реконструкции транспортного узла с целью доведения его параметров до соответствия существующей интенсивности. Выдвинуто предположение об эффективности применения современных кольцевых пересечений как метода повышения безопасности дорожного движения. Проведен анализ международной практики модернизации обычных пересечений в одном уровне в малые кольцевые или современные кольцевые пересечения. По данным статистики определен один из участков г. Перми, на который приходится наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий. Выполнен анализ работы данного транспортного узла (пересечение шоссе Космонавтов и ул. Мира в Индустриальном районе г. Перми). Проведена его оценка на соответствие безопасности для всех участников дорожного движения. Степень опасности пересечения оценивается согласно ВСН 25-86 показателем безопасности движения, характеризующим количество дорожно-транспортных происшествий на 10 млн автомобилей, прошедших через это пересечение. Для решения возникающих проблем предложен вариант реконструкции транспортного узла в современное кольцевое пересечение.

Ключевые слова: интенсивность движения, аварийность, безопасность дорожного движения, транспортный поток, степень опасности пересечения, современное кольцевое пересечение, пересечение в одном уровне.

A.N. Kloian¹, A.M. Burgonutdinov²

¹ Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

² Perm Military Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation,
Perm, Russian Federation

THE ENHANCE ROAD SAFETY IN THE RECONSTRUCTION OF THE LEVEL CROSSING COSMONAUTS HIGHWAY AND MIRA STREET IN PERM

Currently, due to the increasing vehicle fleet, but as a consequence of traffic density and road load factor, it is becoming increasingly urgent problem of mismatch parameters of the road network

safety requirements. This leads to such consequences as loss of life, material damage resulting from traffic accidents, traffic congestion, and reducing speed. The article touches upon the problem of the deterioration of road safety in the Russian cities, as a result of non-compliance parameters of the road network the pace of motorization. An attempt to analyze possible options for reconstruction of the transport unit for the purpose of adjusting its settings to match the current intensity. It is suggested the effectiveness of the use of modern roundabouts as a method of improving road safety. The arguments about the consistency of this assumption, the analysis of the international practice of upgrading conventional level crossings in a small ring or contemporary ring crossing. One of the sections of the city of Perm, which accounts for the highest number of road accidents, is defined according to the statistics. The analysis of the work of the transport hub (crossing Cosmonauts highway – Mira street in the industrial area of the city of Perm). The estimation of the intersection to meet road safety for all road users. The degree of danger of the intersection is evaluated according to VSN 25-86 indicator safety that characterizes the number of road accidents by 10 million cars passing through the intersection. To solve the problems encountered at this intersection, offered the option of reconstruction of transport junction in modern roundabouts.

Keywords: traffic volume, emergency, road safety, traffic stream, the degree of danger of crossing, traffic circle, level crossing.

Безопасность дорожного движения в российских городах на данный момент является одной из важнейших проблем эксплуатации автомобильного транспорта в нашей стране.

В связи с ростом автомобильного парка и, как следствие, с увеличением интенсивности движения и коэффициента загрузки дорог все более актуальной становится проблема несоответствия параметров улично-дорожной сети требованиям безопасности движения. Это приводит к тяжелым последствиям. Из общего числа всех учтенных дорожно-транспортных происшествий (ДТП) 71,3 % происходят в городах и других населенных пунктах [1].

Ежегодно в Российской Федерации в результате ДТП погибают или получают ранения свыше 275 тыс. человек. На автомобильных дорогах за последние 10 лет погибли 11 192 ребенка в возрасте до 16 лет, были травмированы 231 239 детей. Демографический ущерб от дорожно-транспортных происшествий и их последствий за 2004–2012 гг. составил 599 398 человек.

Статистика показывает, что количество ДТП только за январь 2014 г. составило 12 440, в которых погибло 1643 и пострадало 16 296 человек. Из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог произошло 3512 ДТП (погибло 462 и ранено 4592 человека) [2].

На основе исследований дорожно-транспортных происшествий было доказано, что наибольшее их число происходит в местах пересечения траектории движения транспортных средств (конфликтных точках), а также в местах разделения или слияния транспортных потоков.

Особенно опасными являются перекрестки, где встречаются и пересекаются потоки транспортных средств и пешеходов. На пересе-

чения в одном уровне приходится около 18 % всех дорожно-транспортных происшествий, регистрируемых на дорогах, и 50 % всех ДТП со смертельным исходом. Данные зарубежной статистики также подтверждают данную ситуацию. В Европейском союзе процент ДТП, приходящихся на пересечения в одном уровне, варьируется от 10 до 40 %. Около 40 % всех дорожно-транспортных происшествий Норвегии происходят на пересечениях в одном уровне [3].

Сложившуюся ситуацию улично-дорожной сети в Российской Федерации можно объяснить, с одной стороны, отсутствием должного внимания к решению транспортных проблем, с другой – недостатком знаний в области проектирования и реконструкции простых одноуровневых пересечений.

Проблема наиболее рационального совершенствования организации дорожного движения рассматривается в научных кругах давно. С учетом дефицита бюджета в Российской Федерации в современных условиях предпочтения отдаются вариантам, которые влекут за собой не только увеличение безопасности, но и минимальные денежные затраты.

В стесненных городских условиях достичь повышения пропускной способности улично-дорожной сети можно за счет максимально эффективной организации дорожного движения на пересечениях автомобильных дорог в одном уровне. Среди таких способов выделяют устройство канализируемых и кольцевых пересечений.

Вопросы проектирования одноуровневых пересечений описывались в работах российских ученых (В.Ф. Бабкова, В.А. Гохмана, Ф.Ф. Игнатьева, Б.К. Каюмова, Г.И. Клинковштейна, Б.М. Лебедева, Е.М. Лобанова, В.В. Сильянова, М.С. Фишельсона) и их зарубежных коллег (W. Brilon, G. Timothy, W. Gunter, R. Kuchler, Li Jin-hua, E.R. Russell, R. Teichmann) [4–6].

Анализ устройства пересечений в нашей стране показал, что используемая в настоящее время нормативная документация разработана более 20 лет назад. Вместе с тем современная интенсивная автомобилизация страны, значительно превосходящая прогнозы 15–20-летней давности, приводит к существенной загрузке автомобильных дорог, в первую очередь в местах пересечений и примыканий в стесненных условиях. Использование предлагаемых параметров пересечений в настоящее время практически невозможно и нецелесообразно с точки зрения безопасности дорожного движения.

За последние 10 лет был выпущен ряд работ, которые рассматривали проблему целесообразности устройства кольцевого пересечения на аварийных перекрестках [7–12]. Кроме того, сотрудниками Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) была затронута проблема необходимости разработки отечественной нормативно-технической базы по проектированию кольцевых пересечений. На кафедре изысканий и проектирования дорог МАДИ был разработан проект методических рекомендаций по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог, в котором были учтены особенности современного подхода к проектированию кольцевых пересечений [13].

Круговое движение может способствовать повышению безопасности движения за счет:

- теоретического снижения количества конфликтных точек между транспортными потоками, которые проходят через перекресток с 32 до 20 на Х-образном пересечении и с 9 до 8 на Т-образном пересечении;

- обязанности уступить дорогу участникам движения, которые находятся на пересечении, вне зависимости от того, с какой боковой улицы выезжают участники движения, вынуждающей их более внимательно следить за общей обстановкой на пересечении;

- того, что все движение внутри пересечения поступает с одного направления, таким образом, его участники не должны следить за движением с нескольких направлений, чтобы найти свой временной интервал для въезда на него;

- кругового движения с обязанностью уступить дорогу при въезде, устраняющего необходимость левого поворота перед встречным движением;

- организации кругового движение таким образом, что участники дорожного движения не могут двигаться прямо через перекресток, но они должны поворачивать вокруг островка безопасности, размещенного в середине пересечения, что позволяет снизить скорость [3, 14, 15].

В настоящее время согласно статистике ДТП в Пермском крае с 2010 по 2015 гг. [2] количество и тяжесть последствий после аварий растут, что говорит о несоответствии параметров уличной дорожной сети возрастающей интенсивности движения.

Одним из участков, на который приходится наибольшее количество ДТП в Индустриальном районе г. Перми, является пересечение

шоссе Космонавтов и ул. Мира. За период с 2012 по 2013 гг., по данным исследований, количество ДТП на этом участке составило 131. В результате дорожно-транспортных происшествий было ранено 27 человек, погиб 1 человек. За период с 2013 по 2014 гг. произошло 87 ДТП. Спутниковый снимок пересечения шоссе Космонавтов и ул. Мира представлен на рис. 1.

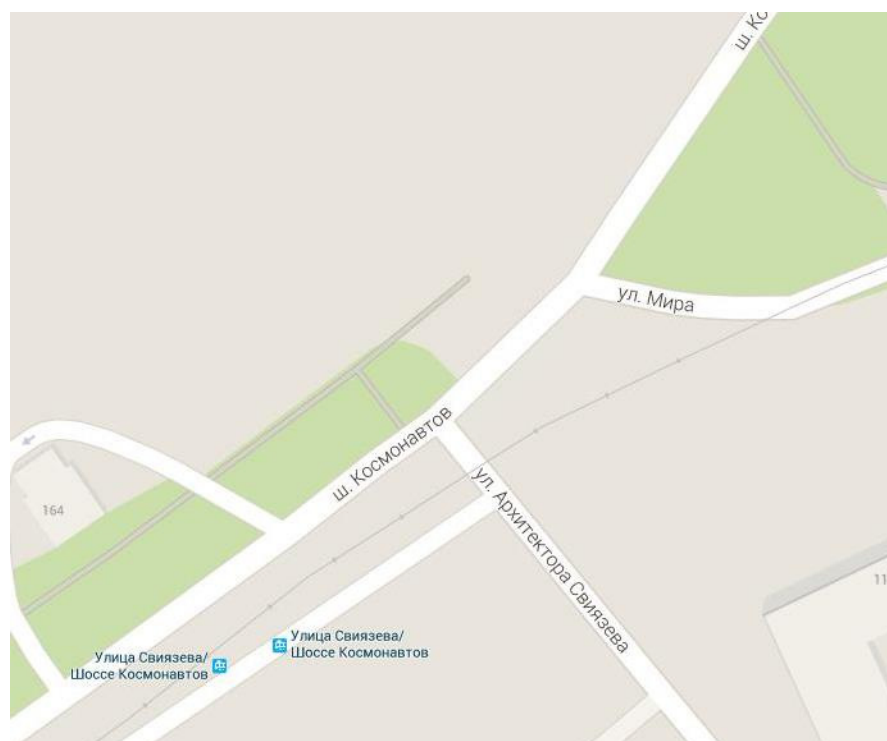


Рис. 1. Спутниковый снимок пересечения шоссе Космонавтов и ул. Мира в г. Перми

Пересечение представляет собой трехсторонний регулируемый Т-образный перекресток. Светофор работает в двухфазном режиме. В первой фазе происходит движение автомобилей по шоссе Космонавтов и ул. Мира. Во второй фазе осуществляется левостороннее движение с шоссе Космонавтов на ул. Связева и движение с ул. Связева на шоссе Космонавтов и ул. Мира.

Расстояние в горизонтальной плоскости от транспортных светофоров до стоп-линии на подходе к регулируемому участку – 3 м, светофор установлен сбоку от проезжей части на высоте 3 м, что удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 52289–2004 и ГОСТ Р 52282–2004.

Для принятия решения о целесообразности реконструкции участка пересечения шоссе Космонавтов и ул. Мира необходимо определить степень его опасности. Для этого воспользуемся данными натурального исследования количества ДТП и суточной интенсивности транспортных потоков за 2013 и 2014 гг. Значения суточной интенсивности представлены на рис. 2, 3.



Рис. 2. Картограмма суточной интенсивности транспортных потоков за 2013 г.

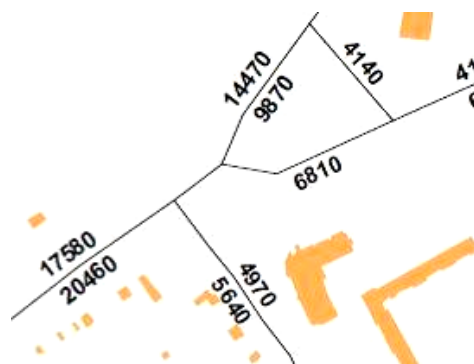


Рис. 3. Картограмма суточной интенсивности транспортных потоков за 2014 г.

Степень опасности пересечения оценивается согласно ВСН 25-86 показателем безопасности движения, характеризующим количество ДТП на 10 млн автомобилей, прошедших через пересечение:

$$K_a = \frac{G \cdot 10^7 \cdot K_r}{(M + N) \cdot 25}, \quad (1)$$

$$G = \sum_{i=1}^{i=n} g_i, \quad (2)$$

где G – теоретически вероятное количество ДТП на пересечении за 1 год; n – число конфликтных точек на пересечении; M – интенсивность на главной дороге, авт./сут; N – интенсивность на второстепенной дороге, авт./сут; K_r – коэффициент годовой неравномерности движения, значения коэффициента принимаются по табл. 1.15 [12].

Поскольку рассматривается реально существующее пересечение, теоретически вероятное количество ДТП в расчетах заменяется на статистические данные о количестве дорожно-транспортных происшествий на рассматриваемом участке за анализируемый временной промежуток. Как упоминалось ранее, за период с 2012 по 2013 гг., по данным исследований, количество ДТП на участке составило 131. В результате было ранено 27 человек, погиб 1. За период с 2013 по 2014 гг. произошло 87 ДТП. Следовательно, $G_1 = 131$ ДТП/год; $G_2 = 87$ ДТП/год.

Рассматриваемое пересечение является Т-образным перекрестком. Между собой пересекаются две улицы: шоссе Космонавтов и Связева; ул. Мира является примыкающей. Движение автомобилей с ул. Мира на шоссе Космонавтов и ул. Связева происходит по отнесенному примыканию. Из вышесказанного следует, что для выполнения расчетов необходимо знание суточной интенсивности движения по шоссе Космонавтов и ул. Связева. Отсюда интенсивность транспортного узла на главной и второстепенной дорогах в 2013 и 2014 гг. имеет следующие значения: $M_1 = 20\,260$ авт./сут, $M_2 = 20\,460$ авт./сут; $N_1 = 5270$ авт./сут, $N_2 = 5640$ авт./сут.

С учетом принятых значений получаем:

$$K_{a1} = \frac{G_1 \cdot 10^7 \cdot K_r}{(M_1 + N_1) \cdot 25} = \frac{131 \cdot 10^7 \cdot K_r}{(20\,260 + 5270) \cdot 25},$$

$$K_{a2} = \frac{G_2 \cdot 10^7 \cdot K_r}{(M_2 + N_2) \cdot 25} = \frac{87 \cdot 10^7 \cdot K_r}{(20\,460 + 5640) \cdot 25}.$$

Показатели опасности существующего пересечения за 2013, 2014 гг. приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Показатели опасности пересечения шоссе Космонавтов
и ул. Мира за 2013 г.

Месяц	K_r	G	K_a
Январь	0,0510	131	16,9
Февраль	0,0585		
Март	0,0670		
Апрель	0,0790		
Май	0,0850		
Июнь	0,0855		
Июль	0,1000		
Август	0,1320		
Сентябрь	0,1080		
Октябрь	0,0890		
Ноябрь	0,0800		
Декабрь	0,0780		

Таблица 2

Показатели опасности пересечения шоссе Космонавтов
и ул. Мира в за 2014 г.

Месяц	K_r	G	K_a
Январь	0,0510	87	11,2
Февраль	0,0585		
Март	0,0670		
Апрель	0,0790		
Май	0,0850		
Июнь	0,0855		
Июль	0,1000		
Август	0,1320		
Сентябрь	0,1080		
Октябрь	0,0890		
Ноябрь	0,0800		
Декабрь	0,0780		

Согласно п. 1.5.3 [12] за период с 2013 по 2014 гг. пересечение шоссе Космонавтов и ул. Мира по опасности пересечения оценивается как очень опасное. На основании проведенного исследования можно утверждать о необходимости проведения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на данном участке.

Список литературы

1. Чумаков Д.Ю. Проектирование элементов малых кольцевых пересечений в населенных пунктах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Волгоград: Изд-во Волгоград. гос. арх.-строит. ун-та, 2007. – 20 с.

2. Бургонутдинов А.М., Юшков Б.С., Окунева А.Г. Организация и безопасность движения на автомобильных дорогах: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 234 с.

3. NCHRP Synthesis 264. Modern roundabout practice in the United States. A synthesis of highway practice // Transportation Research Board. National Research Council. – Washington DC, 1998. – 82 p.

4. Association between roadway intersection characteristics and pedestrian crash risk in Alameda county, California / R.J. Schneider, L.S. Arnold, V. Attaset, J. Griswold, D.R. Ragland, M.C. Diogenes // Transportation Research Record. – 2010. – № 2198. – P. 41–51.

5. Steenbergen R.D.J.M., Vrouwenvelder A.C.W.M. Safety philosophy for existing structures and partial factors for traffic loads on bridges // Heron. – 2010. – Vol. 55, № 2. – P. 123–140.

6. Roundabouts in signalized corridors: evaluation of traffic flow impacts / S.L. Hallmark, E.J. Fitzsimmons, H.N. Isebrands, K.L. Giese // Transportation Research Record. – 2010. – № 2182. – P. 139–147.

7. Шевцова А.Г., Кущенко Л.Е., Захаров В.М. Обзор различных видов организации дорожного движения на пересечении // Известия Тул. гос. ун-та. Техн. науки. – 2015. – Вып. 6, ч. 1. – С. 39–44.

8. Кретинин А.С. Оптимизация движения на транспортных узлах в городских условиях // Инновационная наука. – 2016. – Вып. 1. – С. 60–64.

9. Телегин В.Г., Бурдина С.Г., Клевеко В.И. Анализ возможности повышения безопасности дорожного движения на существующей развязке «Сосновый бор» в городе Перми // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2015. – № 1. – С. 120–134.

10. Шевцова А.Г., Боровской А.Е., Новиков И.А. Время адаптационного периода при изменении организации дорожного движения // *Sworld*. – 2013. – Т. 1, № 3. – С. 41–46.

11. Wang R., Ruskin H.J. Modelling traffic flow at a multilane intersection // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2003. – Vol. 2667. – P. 577–586.

12. Wang B., Hensher D.A., Ton Tu. Safety in the road environment: a driver behavioural response perspective // *Transportation*. – 2002. – Vol. 29, № 3. – P. 253–270.

13. Проблемы проектирования кольцевых пересечений в одном уровне / Б.А. Щит, П.И. Пospelov, Г.А. Федотов, А.П. Шевяков // *Наука и техника в дорожной отрасли*. – 2012. – № 3. – С. 3–6.

14. NCHRP Report 572. Roundabouts in the United States // *Transportation Research Board. National Research Council*. – Washington DC, 2007. – 125 p.

15. Gates T.J., Maki R.E. Converting old traffic circles to modern roundabouts / *Michigan State University*. – Michigan, 2001. – 23 p.

References

1. Chumakov D.Iu. *Proektirovanie elementov malykh kol'tsevykh peresechenii v naselennykh punktakh* [Design elements of small roundabouts in towns]. Volgograd: Volgogradskii gosudarstvennyi arkhitekturno-stroitel'nyi universitet, 2007. 20 p.

2. Burgonutdinov A.M., Iushkov B.S., Okuneva A.G. *Organizatsiia i bezopasnost' dvizheniia na avtomobil'nykh dorogakh* [Organization and traffic safety on the roads]. Perm': Permskii natsional'nyi issledovatel'skii politekhnicheskii universitet, 2014. 234 p.

3. NCHRP Synthesis 264. Modern roundabout practice in the United States. A synthesis of highway practice. *Transportation Research Board. National Research Council*. Washington DC, 1998. 82 p.

4. Schneider R.J., Arnold L.S., Attaset V., Griswold J., Ragland D.R., Diogenes M.C. Association between roadway intersection characteristics and pedestrian crash risk in Alameda county, California. *Transportation Research Record*, 2010, no. 2198, pp. 41-51.

5. Steenbergen R.D.J.M., Vrouwenvelder A.C.W.M. Safety philosophy for existing structures and partial factors for traffic loads on bridges. *Heron*, 2010, vol. 55, no. 2, pp. 123-140.

6. Hallmark S.L., Fitzsimmons E.J., Isebrands H.N., Giese K.L. Roundabouts in signalized corridors: evaluation of traffic flow impacts. *Transportation Research Record*, 2010, no. 2182, pp. 139-147.

7. Shevtsova A.G., Kushchenko L.E., Zakharov V.M. Obzor razlichnykh vidov organizatsii dorozhnogo dvizheniia na peresechenii [An overview of the different types of traffic at the intersection]. *Izvestiia Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2015, vol. 1, no. 6, pp. 39-44.

8. Kretinin A.S. Optimizatsiia dvizheniia na transportnykh uzlakh v gorodskikh usloviakh [Optimization of traffic on crossings in urban areas]. *Innovatsionnaia nauka*, 2016, no. 1, pp. 60-64.

9. Telegin V.G., Burdina S.G., Kleveko V.I. Analiz vozmozhnosti povysheniia bezopasnosti dorozhnogo dvizheniia na sushchestvuiushchei razviazke "Sosnovyi bor" v gorode Permi [The analysis of the possibility of improving of road safety at the roundabout "sosnovyi bor" in Perm]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2015, no. 1, pp. 120-134.

10. Shevtsova A.G., Borovskoi A.E., Novikov I.A. Vremiia adaptatsionnogo perioda pri izmenenii organizatsii dorozhnogo dvizheniia [Time adaptation period when changing traffic management]. *Sworld*, 2013, vol. 1, no. 3, pp. 41-46.

11. Wang R., Ruskin H.J. Modelling traffic flow at a multilane intersection. *Lecture Notes in Computer Science*, 2003, vol. 2667, pp. 577-586.

12. Wang B., Hensher D.A., Ton Tu. Safety in the road environment: a driver behavioural response perspective. *Transportation*, 2002, vol. 29, no. 3, pp. 253-270.

13. Shchit B.A., Pospelov P.I., Fedotov G.A., Sheviakov A.P. Problemy proektirovaniia kol'tsevykh peresechenii v odnom urovne [Problems of designing roundabouts at the same level]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli*, 2012, no. 3, pp. 3-6.

14. NCHRP Report 572. Roundabouts in the United States. *Transportation Research Board*. National Research Council. Washington DC, 2007. 125 p.

15. Gates T.J., Maki R.E. Converting old traffic circles to modern roundabouts. Michigan, 2001. 23 p.

Получено 12.09.2016

Об авторах

Клоян Анна Николаевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: anyutka.sh@mail.ru).

Бургонутдинов Альберт Масугутович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации (614112, г. Пермь, ул. Гремячий лог, 1, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru).

About the authors

Anna N. Kloian (Perm, Russian Federation) – Master Student, Department of Motor Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomol'sky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: anyutka.sh@mail.ru).

Al'bert M. Burgonutdinov (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Perm Military Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation (1, Gremiachii log st., Perm, 614112, Russian Federation, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru).