

DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-1-57-67

УДК 656.13.08

## Обоснование мероприятий по повышению качества и безопасности дорожного движения на магистральной улице районного значения в г. Минске

Инженеры В. Н. Кузьменко<sup>1)</sup>, Д. В. Мозалевский<sup>1)</sup>, А. В. Коржова<sup>1)</sup>, А. С. Красильникова<sup>1)</sup>, Н. С. Ермакова<sup>1)</sup>, Н. В. Киселевич<sup>1)</sup>, Е. Н. Горелик<sup>1)</sup>, И. К. Гамульский<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

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

**Реферат.** В статье приведены результаты исследования условий и интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков, результаты расчетов уровня загрузки по объектам, расположенным на ул. Макаенка в г. Минске. Объекты образуют район транспортной застройки, в котором предусмотрена реконструкция магистральной улицы районного значения с учетом развивающейся инфраструктуры, жилой застройки и устройством многофункционального комплекса с торговым, развлекательным, оздоровительным и деловым центрами. Кроме того, планируется строительство двухуровневой подземной парковки и двухуровневой развязки на перекрестке улицы Филимонова и проспекта Независимости в связи с возрастанием транспортной нагрузки на прилегающей близлежащей улично-дорожной сети. Выполнены анализ существующей организации дорожного движения, а также расчет распределения существующего и перспективного уровней загрузки движением после внедрения соответствующих мероприятий по повышению качества и безопасности дорожного движения. Осуществлено определение уровней загрузки на улично-дорожной сети с учетом интенсивности движения транспортных потоков для оценки различных вариантов организации дорожного движения. Разработаны варианты транспортной планировки узлов и организации движения, а также светофорного регулирования (в том числе с учетом координированного пропуска транспортных средств). Все это будет способствовать повышению качества и безопасности дорожного движения на исследуемой улице с учетом дальнейшего развития района, уплотнения сложившейся застройки улицы Макаенка и увеличения ее транспортного значения в улично-дорожной сети города Минска.

**Ключевые слова:** дорожное движение, организация дорожного движения, безопасность, условия движения, светофорное регулирование, светофорные объекты, координированное регулирование

**Для цитирования:** Обоснование мероприятий по повышению качества и безопасности дорожного движения на магистральной улице районного значения в г. Минске / В. Н. Кузьменко [и др.] // *Наука и техника*. 2017. Т. 16, № 1. С. 57–67. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-1-57-67

## Justification of Measures to Improve Quality and Road Safety at Regional Arterial Street in Minsk

V. N. Kuzmenko<sup>1)</sup>, D. V. Mozalevsky<sup>1)</sup>, A. V. Korzhova<sup>1)</sup>, A. S. Krasilnikova<sup>1)</sup>, N. S. Yermakova<sup>1)</sup>, N. V. Kiselevich<sup>1)</sup>, Ye. N. Gorelik<sup>1)</sup>, I. K. Gamulsky<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

**Abstract.** The paper presents results pertaining to investigations of traffic conditions and intensity of traffic and pedestrian flows, calculations on loading level of objects located in the Makayonka Street, Minsk. The objects constitute transport regional development which presupposes reconstruction of regional arterial street with due account of infrastructure improvement, residential construction and construction of multi-purpose complex with shopping, entertainment, wellness and

### Адрес для переписки

Кузьменко Василий Николаевич  
Белорусский национальный технический университет  
ул. Я. Коласа, 12,  
220013, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: +375 17 292-77-81  
2927781@gmail.com

### Address for correspondence

Kuzmenko Vasily N.  
Belarusian National Technical University  
12 Ya. Kolasa str.,  
220013, Minsk, Republic of Belarus  
Tel.: +375 17 292-77-81  
2927781@gmail.com

business centers. In addition to this it is planned to construct a two-level underground parking, a two-level interchange at intersection of the Filimonova Street and Nezavisimosty Avenue due to an increase of traffic load at adjacent neighboring street and road network. An analysis on the current traffic management and calculation for distribution of the existing and prospective traffic load levels after implementation of appropriate measures to improve quality as a whole and road safety as well has been carried out in the paper. Determination of loading levels for a street and road network has been carried out while taking into account an intensity of traffic flows in order to evaluate various options for road traffic organization. Variants for planning of road junctions, road traffic organization and traffic signalization (including coordinated passing of transport facilities) have been developed in the paper. All this will contribute to improvement of quality and road safety in the investigated street with due consideration of further development of the region and overbuilding of the existing housing system in the Makayonka Street and increase of its transport importance in the Minsk street and road network.

**Keywords:** road traffic, traffic management, safety, road traffic conditions, traffic signalization, traffic lights, coordinated regulation

**Forcitation:** Kuzmenko V. N., Mozalevsky D. V., Korzhova A. V., Krasilnikova A. S., Yermakova N. S., Kiselevich N. V., Gorelik Ye. N., Gamulsky I. K. (2017) Justification of Measures to Improve Quality and Road Safety at Regional Arterial Street in Minsk. *Science and Technique*. 16 (1), 57–67. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-1-57-67 (in Russian)

В дорожном движении участвует каждый гражданин нашей страны, и от качества этого важнейшего социально-производственного процесса зависит благосостояние не только каждого человека, но и государства в целом [1–3]. Однако сегодня роль организации дорожного движения сводится к расстановке дорожных знаков и нанесению дорожной разметки, что не соответствует современным реалиям. Поэтому государство терпит огромные потери, сопоставимые с потерей 8 % ВВП [3–5].

На стадии проектных решений при разработке генеральных планов и планов детального проектирования отдельных районов застройки первоначально нужно учитывать требования организации дорожного движения. Это будет способствовать устойчивому развитию транспортных систем города [3, 6–8]. Именно поэтому необходимо любое решение по организации дорожного движения оптимизировать [9, 10]. При разработке организации дорожного движения следует предусматривать работы по оценке его качества и разрабатывать соответствующие проектные рекомендации [11, 12].

В процессе реконструкции ул. Макаенка в г. Минске схему организации дорожного движения выполняли с учетом уширения ул. Макаенка, строительства новых и реконструкции существующих светофорных объектов. Разрабатывались схемы временной организации дорожного движения на период проведения работ по реконструкции ул. Макаенка и прокладки коммуникаций, а также схемы пофазного движения и расчетных таблиц функционирования КТС с технологией управления и планами координированного регулирования

по ул. Макаенка. Исследования условий движения, анализ аварийности и измерение интенсивности движения транспортных и пешеходных потоков выполнены в феврале – апреле 2014 г.

Схемой по организации дорожного движения предусмотрена реконструкция светофорных объектов на пересечении пр-та Независимости – ул. Макаенка и ул. Макаенка – ул. Парниковой из-за уширения ул. Макаенка. Кроме того, запланировано устройство новых светофорных объектов в районе Республиканского экологического центра и Белтелерадиокомпания. При строительстве светофорных объектов необходимо предусмотреть понижение бортового камня до «нуля» в зоне выхода пешеходов с тротуара на проезжую часть для движения по пешеходному переходу.

Схема организации дорожного движения на перекрестке пр-та Независимости и ул. Макаенка представлена на рис. 1. На данном перекрестке выполнена реконструкция светофорного объекта из-за уширения ул. Макаенка. На основании схемы организации дорожного движения и исследуемой транспортно-пешеходной нагрузки скорректированы схемы пофазного движения и диаграммы переключения светофорной сигнализации. Схема пофазного движения представлена на рис. 2.

Светофорный объект работает в регулируемом режиме круглосуточно: с 7:00 до 23:00 – в режиме КУ (координированное управление), а с 23:00 до 7:00 – в режиме РП (регулируемая программа). Диаграмма регулирования может изменяться в зависимости от параметров

транспортно-пешеходной нагрузки и режимов координированного регулирования. На светофорном объекте применена пятифазная схема регулирования. Продолжительность цикла регулирования в локальном режиме составляет 84 с. В первой фазе осуществляется движение транспорта по пр-ту Независимости со стороны ул. Толбухина и пешеходов через ул. Макаенка, а также правоповоротного транспорта по ул. Волгоградской и пр-ту Независимости

со стороны ул. Филимонова. Во второй фазе происходит движение транспорта в прямом направлении по пр-ту Независимости и движение правоповоротного транспорта на всех входах. В третьей фазе осуществляется движение по ул. Волгоградской и ул. Макаенка, а также правоповоротного транспорта по пр-ту Независимости. Выполнение левых поворотов по ул. Волгоградской и ул. Макаенка происходит в режиме просачивания.

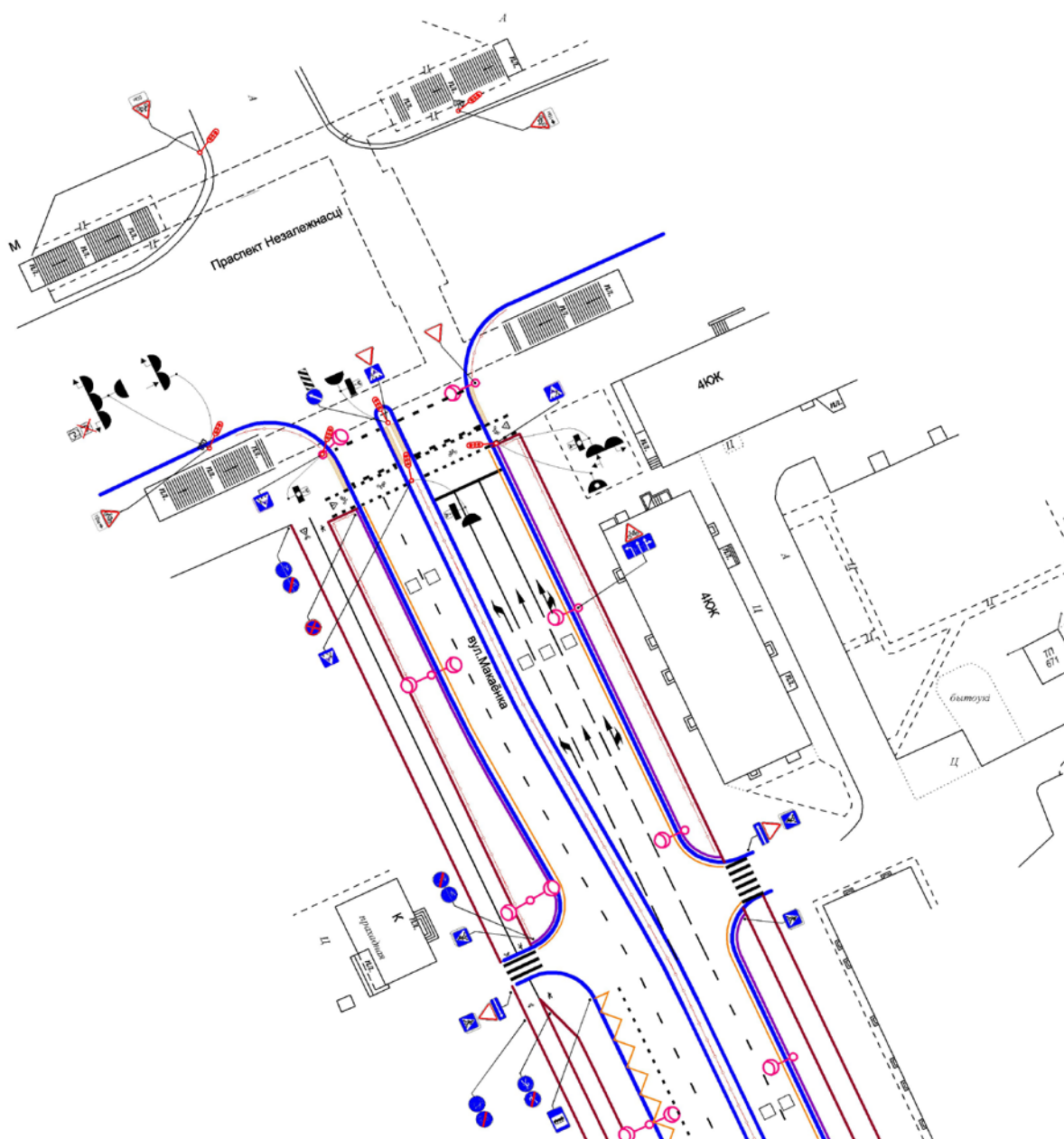


Рис. 1. Схема организации дорожного движения в зоне перекрестка пр-т Независимости – ул. Макаенка (светофорное регулирование № 1)

Fig. 1. Scheme of road traffic organization in the zone of Nezavisimosti Avenue – Makayonka Street crossroads (traffic signalization No 1)

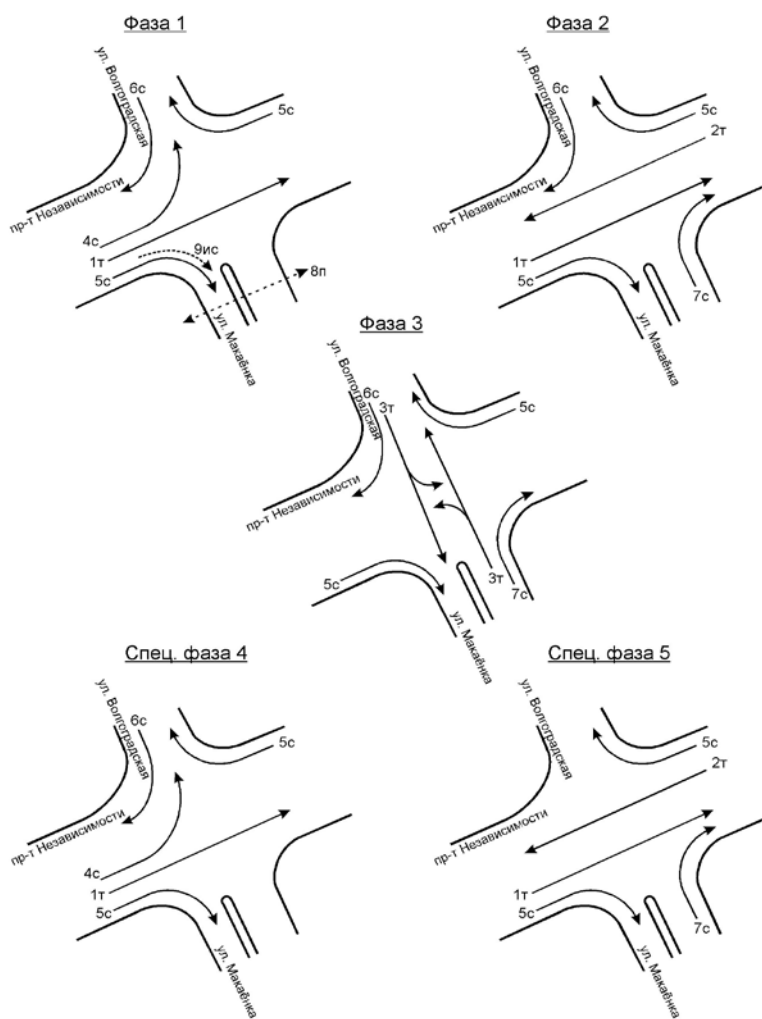


Рис. 2. Схема пофазного движения в зоне перекрестка ул. Волгоградская – пр-т Независимости – ул. Макаенка

Fig. 2. Scheme of single-phase traffic in the zone of Volgogradskaya Street – Nezavisimosty Avenue – Makayonka Street crossroads

Переход пешеходами проезжей части пр-та Независимости и ул. Волгоградской осуществляется через подземные пешеходные переходы. При возможности переключения в дорожном контроллере направления 5С (правоповоротное направление с пр-та Независимости на ул. Макаенка) на 10С реализуется иная схема пофазного движения (в первой фазе исключается правоповоротное направление по пр-ту Независимости со стороны ул. Филимонова).

На основании разработанной схемы организации дорожного движения, диаграммы светофорного регулирования, схемы пофазного движения, а также по результатам экспериментальных исследований на объекте рассчитан прогнозируемый уровень загрузки после внедрения предлагаемых мероприятий. Диаграмма

существующего и прогнозируемого уровней загрузки на светофорном объекте представлена на рис. 3.

По сравнению с существующей организацией дорожного движения прогнозируется снижение уровня загрузки после проведения реконструкции ул. Макаенка. Дальнейшее уменьшение уровня загрузки по ул. Макаенка приведет к увеличению уровней загрузки по пр-ту Независимости и ул. Волгоградской, которые и так в пиковые часы превышают предельные значения по отдельным направлениям.

Схема организации дорожного движения на светофорном объекте № 2 (ул. Макаенка, 8, пешеходное вызывающее устройство (ПВУ) – заезд к Республиканскому экологическому центру) представлена на рис. 4. На данном участке улицы запроектирован регулируемый пешеходный переход.

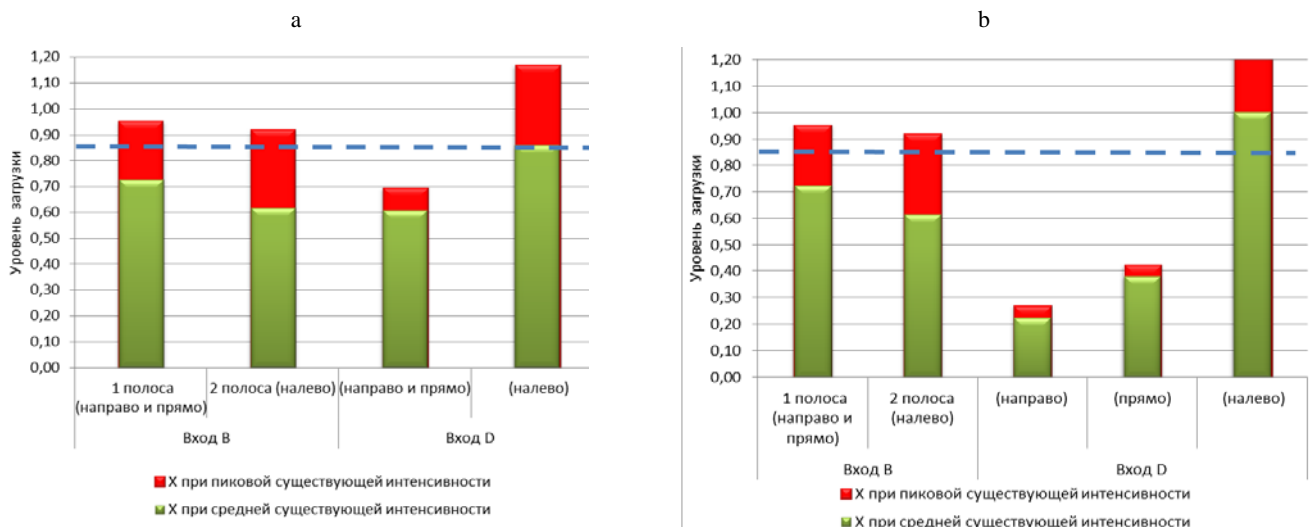


Рис. 3. Существующий (а) и прогнозируемый (б) уровни загрузки (светофорное регулирование № 1)

Fig. 3. Existing (a) and forecasting (b) levels of loading (traffic signalization No 1)

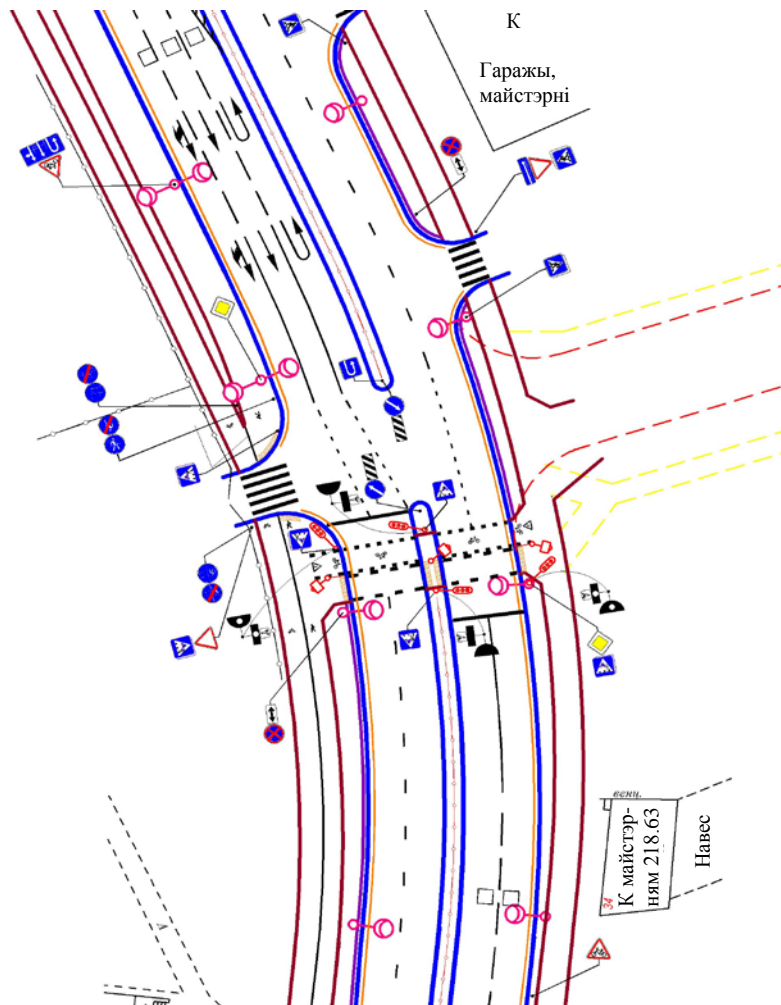


Рис. 4. Схема организации дорожного движения в зоне перекрестка ул. Макаенка, 8 (пешеходное вызывающее устройство).  
Заезд к экологическому центру (светофорное регулирование № 2)

Fig. 4. Scheme of road traffic organization in the zone of Makayonka Street, 8 crossroads (Pedestrian calling device).  
Driving to ecological centre (traffic signalization No 2)

В перспективе после строительства связующего участка дорожной сети от ул. Филимонова до ул. Макаенка этот светофорный объект будет реконструирован в регулируемый четырехсторонний перекресток. Схема пофазного движения представлена на рис. 5.

На светофорном объекте применена двухфазная схема регулирования. Минимальная продолжительность цикла регулирования в локальном режиме составляет 70 с. Фаза 1 регулирования является основной. В этой фазе разрешено движение транспортных средств по ул. Макаенка. При поступлении сигнала от ПВУ вызывается вторая фаза регулирования (порядок фаз 1–2–1). Фаза 2 включает только после отработки минимальной длительности фазы 1. В фазе 2 разрешено движение пешехо-

дов, движение транспорта – запрещено. Переход пешеходами проезжей части ул. Макаенка осуществляется в один этап через разделительную полосу.

На основании разработанной схемы организации дорожного движения, диаграммы светофорного регулирования, схемы пофазного движения, а также по результатам экспериментальных исследований на объекте рассчитан прогнозируемый уровень загрузки после внедрения предлагаемых мероприятий. Диаграмма прогнозируемого уровня загрузки на светофорном объекте № 2 представлена на рис. 6.

Даже при увеличении интенсивности движения в два раза уровень загрузки не превысит значений 0,6–0,7 при отсутствии припаркованных автомобилей.

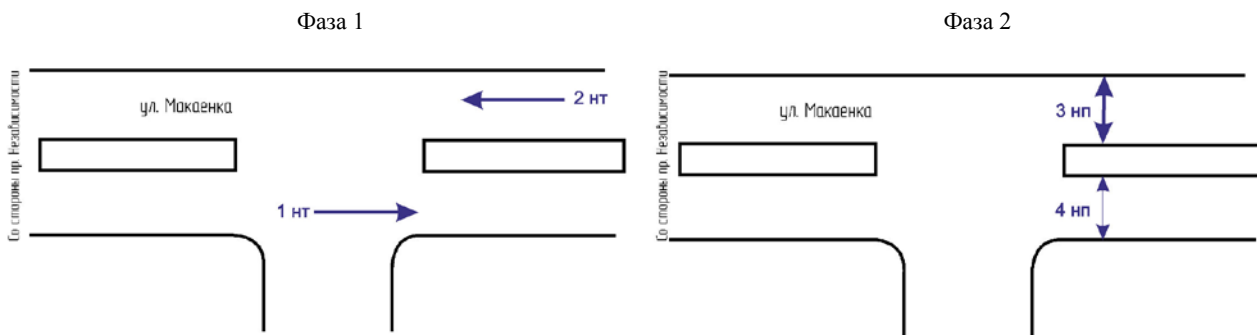


Рис. 5. Схема пофазного движения в зоне перекрестка ул. Макаенка, 8

Fig. 5. Scheme of single-phase traffic in the zone of Makayonka Street, 8 crossroads

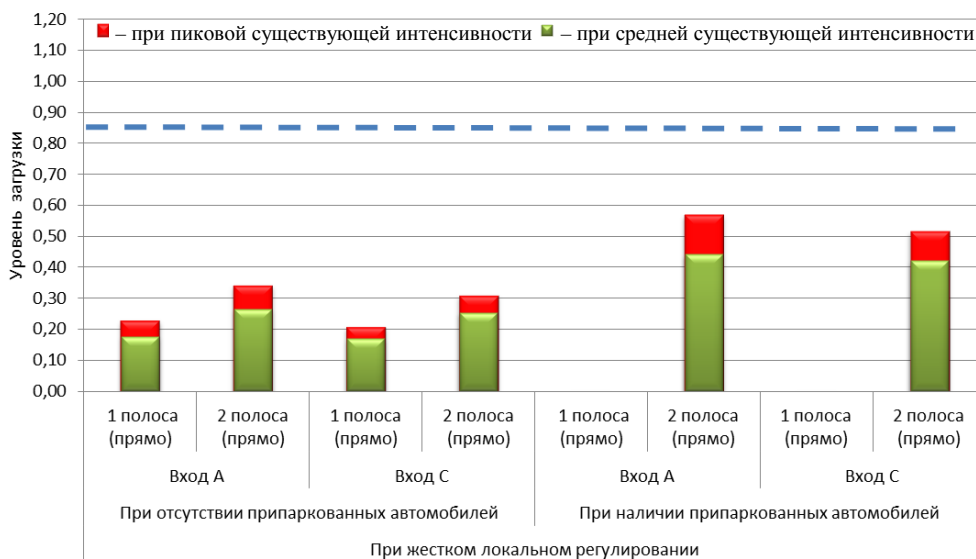


Рис. 6. Прогнозируемый уровень загрузки для светофорного объекта № 2

Fig. 6. Forecasting level of loading for traffic signalization No 2

Схема организации дорожного движения на светофорном объекте возле РУП «Белтелерадиокомпания» представлена на рис. 7. На данном участке улицы запроектирован регулируемый пешеходный переход. В перспективе после строительства жилого микрорайона этот светофорный объект будет реконструирован в регулируемый трехсторонний перекресток.

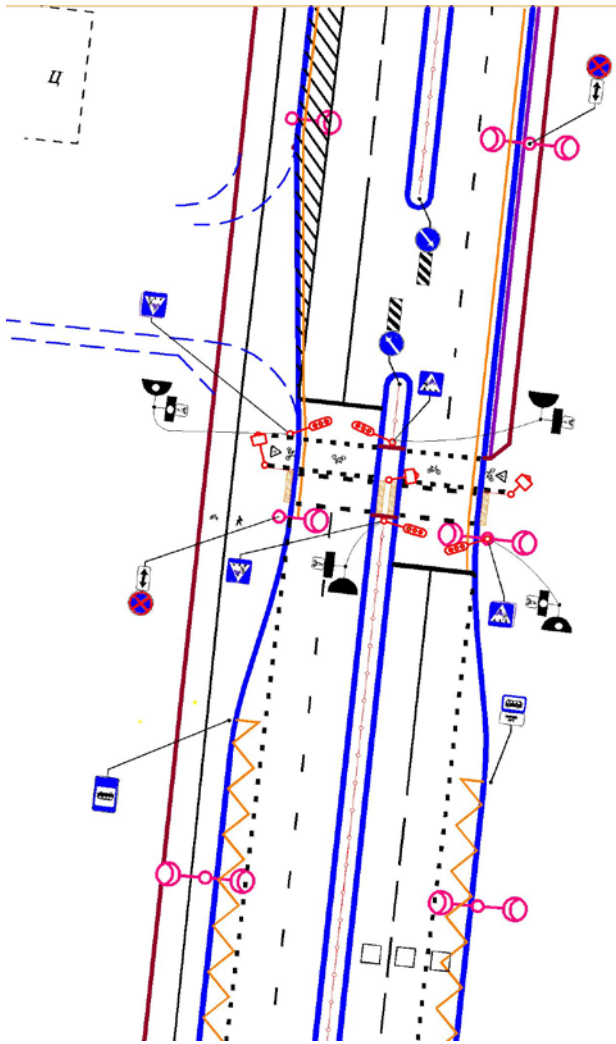


Рис. 7. Схема организации дорожного движения в зоне перекрестка ул. Макаенка, 9 (пешеходное вызывающее устройство).

Белтелерадиокомпания (светофорное регулирование № 3)

Fig. 7. Scheme of road traffic organization in the zone of Makayonka Street, 9 crossroads (Pedestrian calling device).  
Belteleradiocompany (traffic signalization No 3)

Диаграмма прогнозируемого уровня загрузки на светофорном объекте № 3 представлена на рис. 8. Даже при увеличении интенсивности движения в два раза уровень загрузки не пре-

высит значений 0,6–0,7 при отсутствии припаркованных автомобилей.

Схема организации дорожного движения на перекрестке ул. Макаенка – ул. Парниковой представлена на рис. 9. На данном перекрестке выполнена реконструкция существующего светофорного объекта. В момент выдачи проектной документации светофорный объект еще не был введен в строй, и движение через перекресток осуществлялось в нерегулируемом режиме.

На основании схемы организации дорожного движения и исследуемой транспортно-пешеходной нагрузки разработаны схемы пофазного движения и диаграммы переключения светофорной сигнализации. Схема пофазного движения приведена на рис. 10.

Светофорный объект работает в регулируемом режиме круглосуточно: с 7:00 до 23:00 – в режиме КУ, а с 23:00 до 7:00 – в режиме МГР (местное гибкое регулирование с учетом сигналов от индуктивных рамок). Диаграмма регулирования может изменяться в зависимости от параметров транспортно-пешеходной нагрузки и режимов координированного регулирования.

На светофорном объекте применена трехфазная схема регулирования. Продолжительность цикла регулирования в локальном режиме составляет 84 с. В фазе 1 осуществляется движение транспорта по ул. Макаенка со стороны пр-та Независимости и пешеходов через ул. Парниковую со стороны Детской железной дороги, а также правоповоротного транспорта по ул. Парниковой со стороны ул. Филимонова. В фазе 2 происходит движение транспорта по ул. Макаенка, за исключением левоповоротного транспорта со стороны пр-та Независимости, и движение пешеходов вдоль ул. Макаенка. В фазе 3 осуществляется движение по ул. Парниковой, а также движение пешеходов через ул. Макаенка со стороны Детской железной дороги. Выполнение левых поворотов по ул. Парниковой и ул. Макаенка со стороны Детской железной дороги происходит в режиме просачивания.

На основании разработанной схемы организации дорожного движения, диаграммы светофорного регулирования, схемы пофазного движения, а также по результатам экспериментальных исследований на объекте рассчитан прогнозируемый уровень загрузки после внедрения предлагаемых мероприятий.

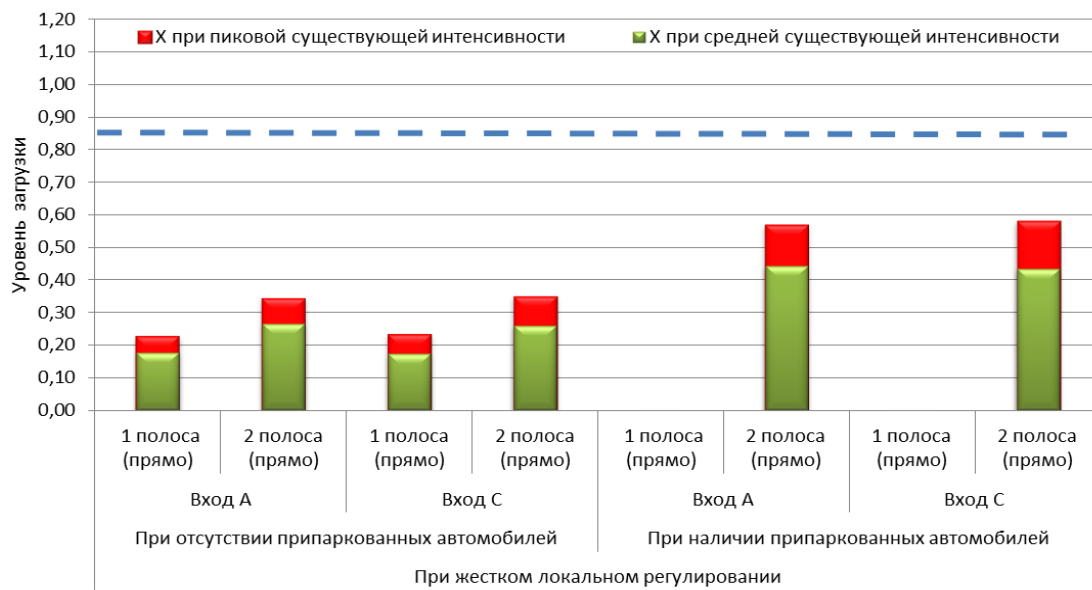


Рис. 8. Прогнозируемый уровень загрузки для светофорного объекта № 3

Fig. 8. Forecasting level of loading for traffic signalization No 3

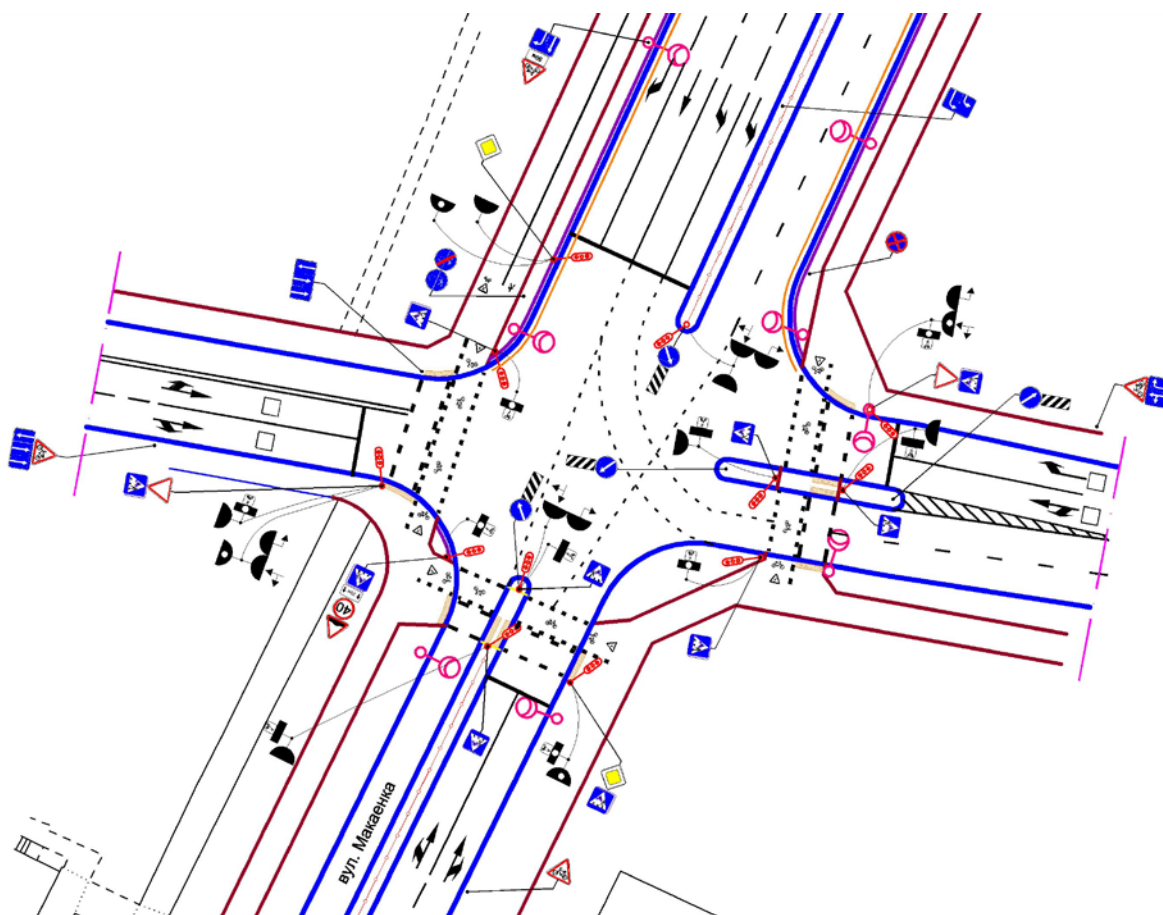


Рис. 9. Схема организации дорожного движения в зоне перекрестка ул. Макаенка – ул. Парниковой для светофорного объекта № 4

Fig. 9. Scheme of road traffic organization in the zone of Makayonka Street – Parnikovaya Street crossroads for traffic signalization No 4



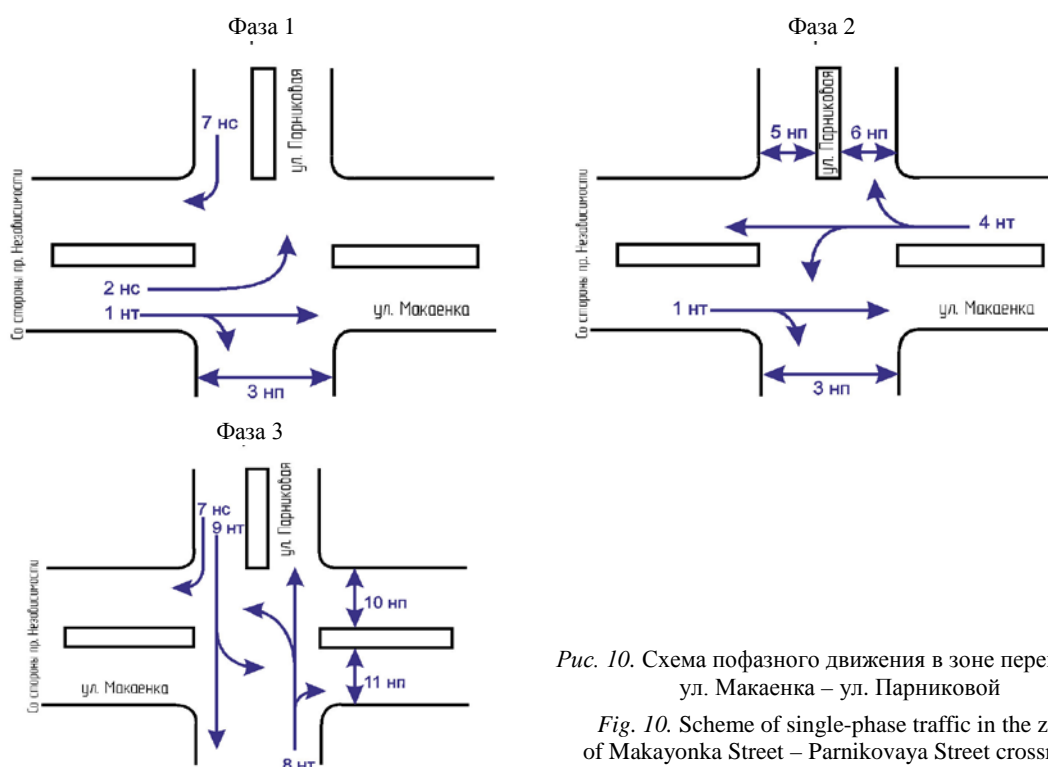


Рис. 10. Схема пофазного движения в зоне перекрестка ул. Макаенка – ул. Парниковой

Fig. 10. Scheme of single-phase traffic in the zone of Makayonka Street – Parnikovaya Street crossroads

Диаграммы прогнозируемого уровня загрузки для существующей и прогнозируемой интенсивности движения на светофорном объекте № 4 представлены на рис. 11, 12.

После введения в строй проектируемого жилого микрорайона необходимо скорректировать диаграмму регулирования для оптимального регулирования.

Светофорные объекты работают в регулируемом режиме круглосуточно: с 7:00 до 23:00 – в режиме КУ в соответствии с разработанными планами координации по времени суток, а с 23:00 до 7:00 – в режиме РП или МГР. Диаграммы регулирования могут изменяться в зависимости от параметров транспортно-пешеходной нагрузки и режимов координированного регулирования.

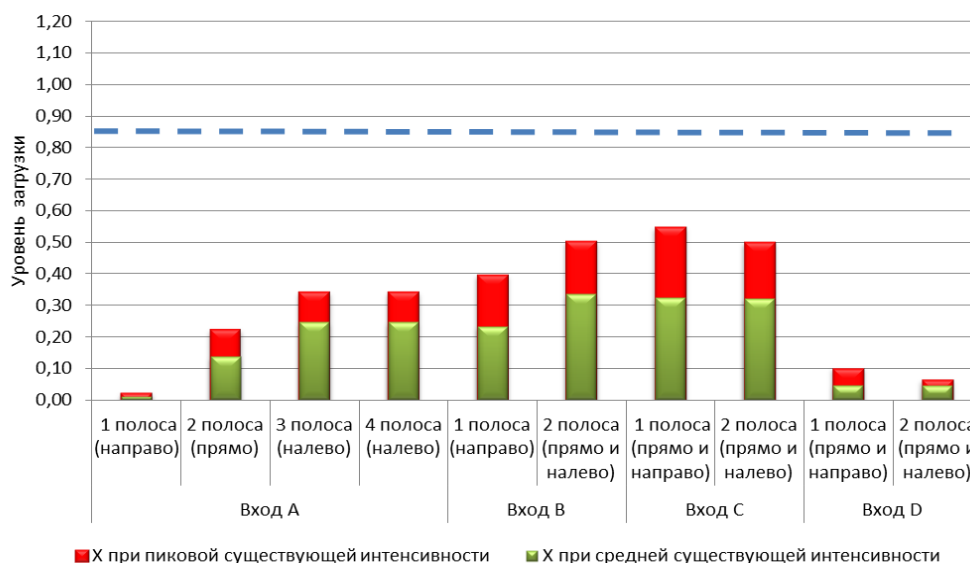


Рис. 11. Прогнозируемый уровень загрузки для существующей интенсивности движения (светофорное регулирование № 4)

Fig. 11. Forecasting level of loading for existing traffic intensity (traffic signalization No 4)

Монтаж светофоров предусмотрен на металлических колонках и выносных светофорных колонках, которые устанавливаются на расстоянии 1 м от края бордюрного камня, а также на опорах освещения. Вид и расположение светофорных колонок могут корректироваться специализированным монтажно-

эксплуатационным предприятием (СМЭП), которое будет производить монтажные работы. В соответствии с ГОСТ 25695–91 проектом предусмотрено применение транспортных светофоров типа Т1 и пешеходных светофоров типов П1 и П2 светодиодного исполнения.

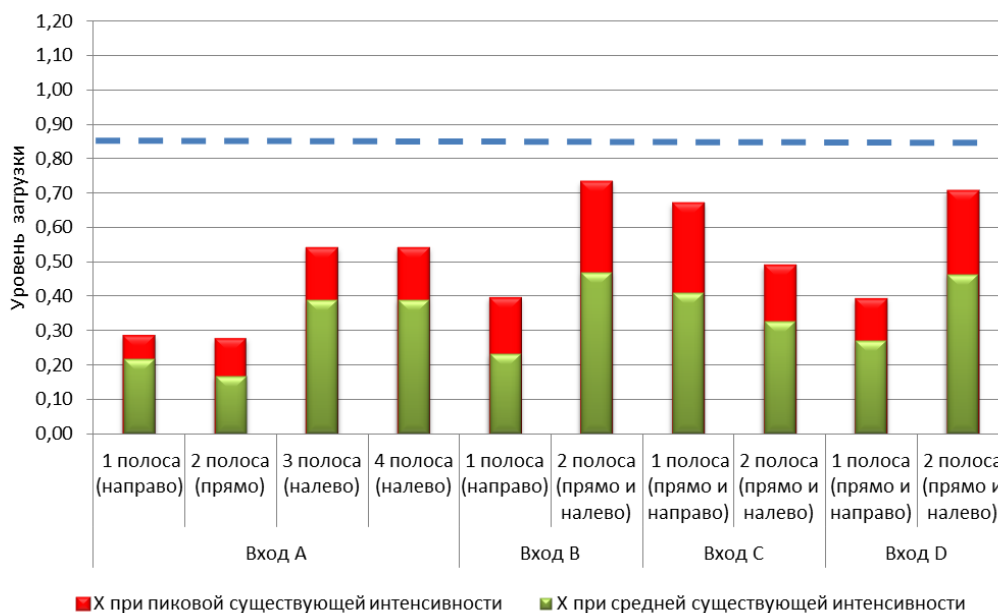


Рис. 12. Прогнозируемый уровень загрузки для прогнозируемой интенсивности движения (светофорное регулирование № 4)

Fig. 12. Forecasting of loading level for existing traffic intensity (traffic signalization No 4)

### ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного анализа существующей транспортно-пешеходной нагрузки, особенностей существующей организации дорожного движения и условий движения, а также с учетом расчета распределения перспективной интенсивности движения транспорта проектируемого объекта и разработки схем распределения интенсивности движения транспортных потоков по улично-дорожной сети предложены планировочные и организационно-управленческие решения, предусматривающие устройство светофорных объектов и соответствующую организацию дорожного движения для безопасного и комфортного движения транспортных и пешеходных потоков.

2. На всех регулируемых пешеходных переходах предусмотрено устройство полос для движения велосипедистов. Выделение полос для велосипедистов осуществляется с помощью дорожных знаков, дорожной разметки. Для повышения безопасности движения пешеходов

и транспорта предусмотрено устройство разделительной полосы. Для предотвращения выхода пешеходов на проезжую часть вне пешеходных переходов планируется установка ограничивающих пешеходных ограждений вдоль ул. Макаенка на разделительной полосе.

3. С целью повышения пропускной способности проектируемых светофорных объектов предусмотрено устройство дополнительных полос для левоповоротного и перспективного правоповоротного транспорта. Для эффективной работы светофорного объекта разработаны схемы пофазного движения, диаграммы переключения светофорной сигнализации и параметры временных уставок. Для координированного управления светофорными объектами, расположенными по ул. Макаенка, разработана технология управления с учетом устройства детекторов транспорта. На всех светофорных объектах предусмотрена установка устройств звукового оповещения для пешеходных светофоров.

4. С целью разработки технологии управления и организации системного подхода к управлению светофорным объектом предусмотрено устройство детекторов транспорта (индуктивных рамок). Они обеспечивают формирование исходных данных для технологических алгоритмов управления, в том числе данных о моментах прохождения транспортными средствами контролируемого детектором сечения улицы. Установка детекторов транспорта предусмотрена на подходе к светофорному объекту на расстоянии около 40 м по каждой полосе. Вид индуктивных детекторов транспорта может корректироваться СМЭП Мингорисполкома, которое будет производить монтажные работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Врубель, Ю. А. Водителю о дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. 3-е изд., дораб. Минск: БНТУ, 2010. 139 с.
2. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский. Минск: БНТУ, 2008. 243 с.
3. Капский, Д. В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности: в 2 т. / Д. В. Капский. Минск: БНТУ, 2013. Т. 1. 282 с.
4. Постановление расширенного заседания коллегии Министерства транспорта Российской Федерации от 24.10.2012 № 3 [Электронный ресурс] // Министерство транспорта Российской Федерации. Режим доступа: [http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=19402](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=19402). Дата доступа: 14.02.2015.
5. Врубель, Ю. А. Опасности в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. М.: Новое знание, 2013. 244 с.
6. Ваксман, С. А. Моделирование ДТП – градостроительный аспект / С. А. Ваксман, Л. И. Сverdlin // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: сб. докл. Шестой междунар. конф. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2004. С. 305–307.
7. Трофименко, Ю. В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов / Ю. В. Трофименко, М. Р. Якимов. М.: Логос, 2013. 464 с.
8. Ваксман, С. А. Принципы разработки и содержание КСОД столичного города (на примере Минска) / С. А. Ваксман, Ф. Г. Глик, Д. В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике: материалы Седьмой междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. Минск: БНТУ, 2009. Т. 2. С. 267–268.
9. Капский, Д. В. Транспорт в планировке городов / Д. В. Капский, А. В. Коржова, С. В. Скирковский. Минск: БНТУ, 2015. 144 с.
10. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. Минск: БНТУ, 2006. 240 с.
11. Свидетельство от 17.09.2010 № 222 о регистрации компьютерных программ в Национальном центре интеллектуальной собственности / Д. В. Капский, Д. В. Мозалевский, М. К. Мирошник, А. В. Коржова, В. Н. Кузьменко, А. С. Полховская, Е. Н. Костюкович.
12. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.03-227–2010 (02250). Введ. 01.07.2011. Минск: Минстройархитектуры, 2011. 46 с.

Поступила 06.11.2015

Подписана в печать 11.01.2016

Опубликована онлайн 30.01.2017

## REFERENCES

1. Vruble Yu. A., Kapskiy D. V. (2010) *To Driver about Road Traffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 139 (in Russian).
2. Kapskiy D. V. (2008) *Accident Forecasting in Road Traffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 243 (in Russian).
3. Kapskiy D. V. (2013) *Methodology for Improvement of Road Traffic Safety in Urban Accident Clusters. Vol. 1*. Minsk, Belarusian National Technical University. 282 (in Russian).
4. Decree of Panel Enlarged Meeting of Ministry of Transport of Russian Federation dated 24.10.2012, No 3. *Ministry of Transport of Russian Federation*. Available at: [http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT\\_ID=19402](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=19402). (Accessed 14 Februar 2015) (in Russian).
5. Vruble Yu. A., Kapskiy D. V. *Dangerous Situations in Road Traffic*. Moscow, Novoe Znanie Publ. 244 (in Russian).
6. Vaksman S. A., Sverdlin L. I. (2004) Simulation of Road Traffic Accidents – Urban Planning Aspect. *Organizatsiia i Bezopasnost Dorozhnogo Dvizheniia v Krupnykh Gorodakh: Sb. Dokl. Shestoi Mezhdunar. Konf.* [Organization and Safety of Road Traffic in Large Cities: Book of Reports of the 6<sup>th</sup> International Conference]. Saint-Petersburg, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 305–307 (in Russian).
7. Trofimenko Yu. V., Yakimov M. R. (2013) *Transport Planning: Formation of Efficient Transport Systems in Large Cities*. Moscow, Logos Publ. 464 (in Russian).
8. Vaksman S. A., Glik F. G., Kapskiy D. V. (2009) Principles of Development and Content of Complex Scheme of Road Traffic Organization for Capital City (Minsk as an Example). *Nauka – Obrazovaniiu, Proizvodstvu, Ekonomike. Materialy 7 Mezhdunarodnoi Nauchno-Tekhnicheskoi Konferentsii. T. 2* [Science to Education, Industry, Economics. Proceedings of 7<sup>th</sup> International Science and Technical Conference. Vol. 2]. Minsk, Belarusian National Technical University, 267–268 (in Russian).
9. Kapskiy D. V., Korzhova A. V., Skirkovsky S. V. (2015) *Transport in Urban Planning*. Minsk, Belarusian National Technical University. 144 (in Russian).
10. Vruble Yu. A., Kapskiy D. V., Kot E. N. (2006) *Determination of Losses in Road Traffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 240 (in Russian).
11. Kapskiy D. V., Mozalevsky D. V., Miroshnik M. K., Korzhova A. V., Kuzmenko V. N., Polkhovskaya A. S., Kostukovich E. N. (2010) Certificate Dated 17.09.2010 No 222 on Registration of Computer Programs at National Center of Intellectual Property (in Russian, Unpublished).
12. ТКП 45-3.03-227–2010 (02250) (2011). Streets of Urban Areas. Constructional Design Standards. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction. 46 (in Russian).

Received: 06.11.2015

Accepted: 11.01.2016

Published online: 30.01.2017