УДК 656.13.08

АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ЛОКАЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ МИНСКА

Канд. техн. наук, доц. КАПСКИЙ Д. В., инженеры МОЗАЛЕВСКИЙ Д. В., КУЗЬМЕНКО В. Н., КОРЖОВА А. В., ПОЛХОВСКАЯ А. С., КОСТЮКОВИЧ Е. Н., АРЮШЕВСКАЯ Н. В.

Белорусский национальный технический университет

E-mail: 2927781@gmail.com

В дорожном движении производится транспортная услуга, в которую вовлечены практически все участники дорожного движения и население нашей республики. Качество дорожного движения или его отдельных свойств можно количественно оценить по величине потерь, под которыми понимают социально-экономическую стоимость необязательных издержек в процессе движения. Поэтому любое решение по организации дорожного движения должно быть оценено и оптимизировано по критерию минимизации потерь (аварийных, экономических и экологических).

В филиале БНТУ «Научно-исследовательская часть» Научно-исследовательским центром дорожного движения разработана методика определения потерь в дорожном движении для конфликтных объектов – перекрестков и искусственных неровностей. Это сделало возможным сравнение двух альтернативных вариантов организации движения на конфликтных объектах. В статье рассмотрен пример выбора и обоснования принимаемых решений для нерегулируемого Т-образного перекрестка с близко расположенным пешеходным переходом по улице Я. Коласа в г. Минске. На основании исследований разработаны мероприятия планировочного и организационно-технического характера, которые повышают безопасность движения, а также снижают экономические и экологические потери. В результате проведенных исследований и анализа существующих условий дорожного движения на нерегулируемом перекрестке ул. Я. Коласа – пер. Я. Коласа выявлено, что уровень суммарных потерь в дорожном движении на участке составляет около 92,0 тыс. у. е./год, в том числе потери от аварийности – 7,9 тыс. у. е./ год. Реализация разработанных мероприятий позволит снизить уровень аварийных потерь на пешеходном переходе ориентировочно на 4,4 тыс. у. е./год с уменьшением числа аварий на 50–55 %.

Ключевые слова: дорожное движение, аудит безопасности, критерий минимизации потерь.

Ил. 8. Табл. 2. Библиогр.: 12 назв.

ROAD TRAFFIC SAFETY AUDIT AT LOCAL OBJECT OF MINSK ROADWAY NETWORK

KAPSKY D. V., MOZALEVSKY D. V., KUZMENKO V. N., KORZHOVA A. V., POLKHOVSKAYA A. S., KOSTIUKOVICH E. N., ARIUSHEVSKAYA N. V.

Belarusian National Technical University

Road traffic provides a transport service involving practically all its participants and population of the Republic. Quality of the road traffic or its specific characteristics can be quantitatively estimated in terms of losses and by that we understand social and economic value of non-obligatory expenses in road traffic. That is why any decision on road traffic organization must be estimated and optimized in accordance with its loss minimization criterion (accidental, economic and ecological).

Research and Development Centre for Road Traffic at the BNTU Branch – "Research Division" has developed loss methodology in road traffic for conflict objects – roads crossings and speed cushions. Such approach has made it possible to compare two alternative options for organization of road traffic at conflict objects. The paper considers an example of selection and substantiation of the accepted decision for an uncontrolled T-junction with closely located pedestrian crossing in the Ya. Kolas Street, Building 12, Minsk. Planning and organizational and technical measures that increase road traffic safety and decrease economic and ecological losses have been developed on the basis of the executed investigations. The investigations and analysis of the existing conditions of the road traffic at the uncontrolled Ya. Kolas Street – Ya. Kolas off-street junction have revealed that the rate of total losses in the road traffic constitutes nearly 92,0 thousand c.u./year, including accidental losses – 7,9 thousand c.u./year. Realization of the developed measures will permit to reduce the rate of accidental losses at pedestrian crossing approximately by 4,4 thousand c.u./year with reduction of accidents by 50–55 %.

Keywords: road traffic, safety audit, loss minimization criterion.

Fig. 8. Tab. 2. Ref.: 12 titles.

В дорожном движении производится транспортная услуга, в которую вовлечены практически все участники дорожного движения и население нашей республики [1, 2]. Качество дорожного движения или его отдельных свойств можно количественно оценить по величине потерь, под которыми понимают социально-экономическую стоимость необязательных издержек в процессе движения [1, 3]. Для государства и общества дорожное движение содержит не только аварийную угрозу, как считалось ранее, а целых четыре: аварийную, экологическую, экономическую и социальную [4, 5]. Поэтому любое решение по организации дорожного движения должно быть оценено и оптимизировано по критерию минимизации потерь (аварийных, экономических и экологических) [2, 5].

В филиале БНТУ «Научно-исследовательская часть» Научно-исследовательским центром дорожного движения (НИЦ ДД) разработана методика определения потерь в дорожном движении для конфликтных объектов – перекрестков и искусственных неровностей. Это сделало возможным сравнение двух альтернативных вариантов организации движения на конфликтных объектах. Для примера выбран нерегулируемый Т-образный перекресток с пешеходным переходом по улице Я. Коласа в г. Минске (рис. 1, 2).

Рис. 1. Исследуемый нерегулируемый перекресток

Улица Якуба Коласа – магистральная улица общегородского значения с трамвайным движением (категория А4) [6, 7]. Выполняет функцию дублера проспекта Независимости. Она обеспечивает транспортную связь между первым и вторым городскими кольцами, а также связывает вышеуказанные объекты с Логойским трактом, который пересекает Минскую кольцевую автодорогу и далее переходит в автодорогу М3 в направлении Логойска, Витебска.

Рис. 2. Подход к пешеходному переходу со стороны учебного корпуса БНТУ

В зоне приближения к пешеходному переходу имеются по две полосы движения в каждом направлении, отделенные друг от друга трамвайным полотном (рис. 3). Непосредственно перед пешеходным переходом (по направлению к ул. Сурганова) устроены гостевая стоянка (парковка с полным заездом под углом 60°), а также выезд с территории БНТУ, расположенный возле учебного корпуса № 8 университета (ул. Я. Коласа, 12). Введение светофорного регулирования на пешеходном переходе позволит повысить безопасность при переходе пешеходами проезжей части улицы Я. Коласа и осуществлении выездов с переулка Я. Коласа и территории БНТУ.

Выполнено исследование геометрических параметров участка уличной дорожной сети (УДС), размещения технических средств организации дорожного движения [6–11], уличного освещения, состояния пешеходных путей и дорожного покрытия, наличия остановочных пунктов трамвая, точек тяготения пешеходных и транспортных потоков в рассматриваемом районе и т. д. По данным, предоставленным УГАИ ГУВД Мингорисполкома, выполнен анализ аварийности по отчетным авариям, совершенным на этом пешеходном переходе. По карточкам происшествий с материальным ущербом, которые были предоставлены ОГАИ Советского РУВД, выполнен анализ аварийности по неотчетным авариям. Результаты очагового анализа представлены на рис. 4.

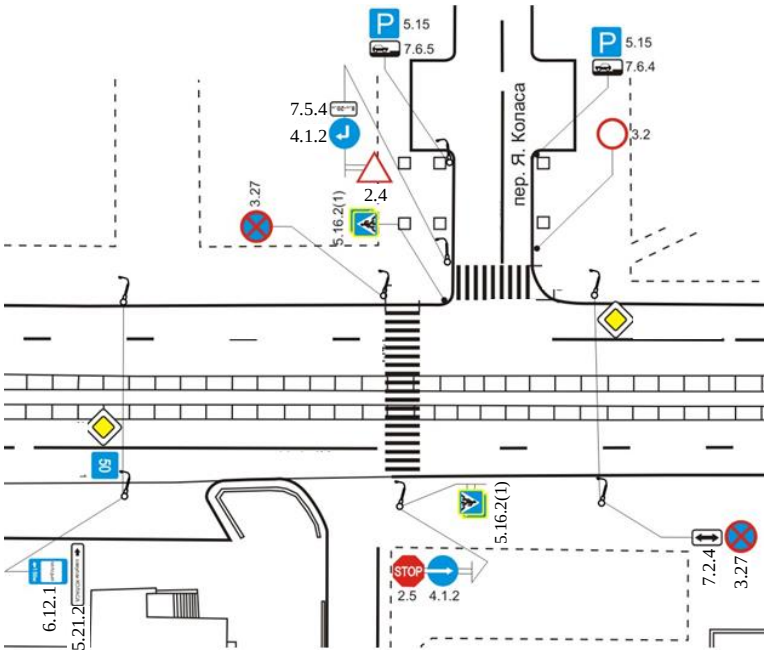

Рис. 3. План исследуемого нерегулируемого перекрестка улицы Я. Коласа и переулка Я. Коласа

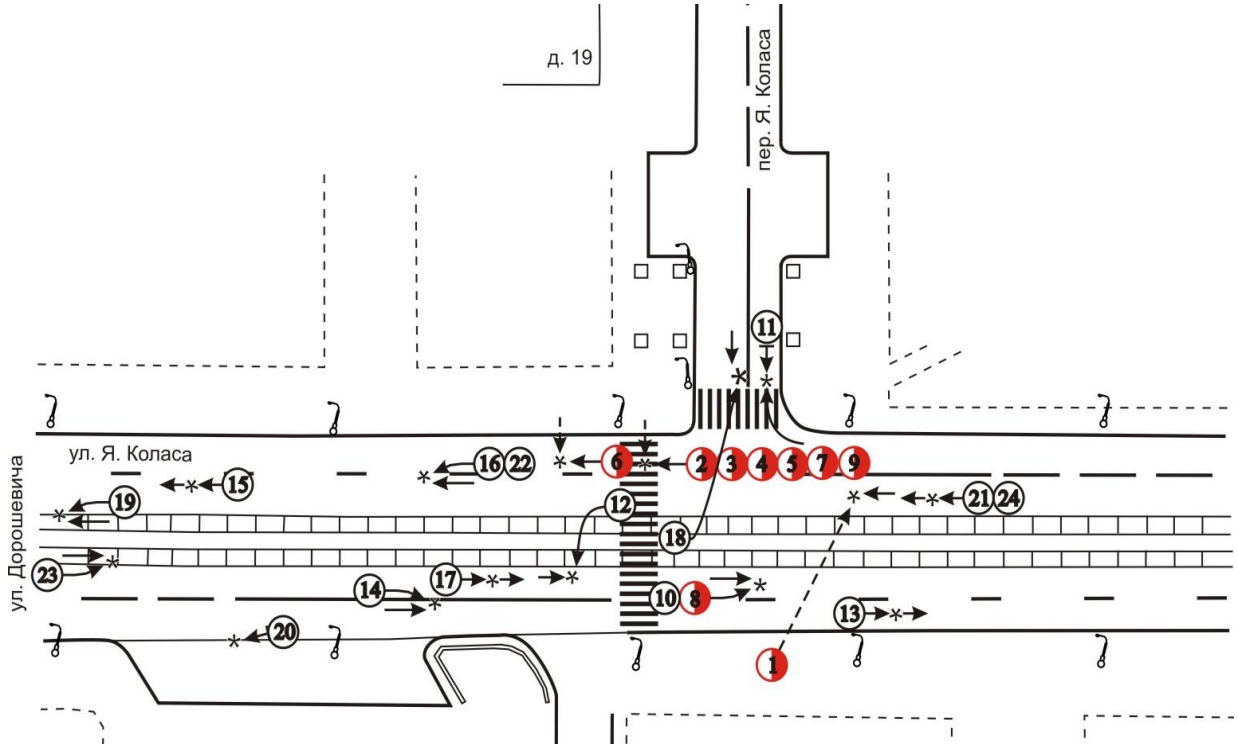

Рис. 4. Фрагмент очагового анализа аварийности на исследуемом перекрестке

Из очагового анализа очень четко вырисовывается однотипность совершенных аварий с пострадавшими – это наезд на пешехода. С 2008 г. увеличилась тяжесть последствий ДТП, о чем свидетельствуют шесть происшествий с ранеными.

На многополосной улице в зоне приближения к пешеходному переходу добавляется дополнительная опасность наезда на пешехода на второй полосе. Как показывают экспериментальные исследования, водитель автомобиля, видя движущегося по пешеходному переходу

пешехода, начинает снижать скорость, справедливо полагая, что при такой скорости автомобиля пешеход успеет покинуть полосу движения. Но выйдя из полосы движения этого автомобиля, пешеход становится жертвой другого автомобиля, который не видел пешехода и двигался, не снижая скорость, полагая, что рядом движущийся автомобиль снизил скорость ввиду «пробок», выполнения поворота и т. п. Главными причинами повышенной аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах являются: недостаточная видимость, особенно боковая, недостаточная освещенность в темное время суток, неудачное расположение пешеходного перехода на местности, недостаточное его обустройство средствами организации дорожного движения, неправильный выбор типа регулирования, нечеткость приоритета и др.

Для устранения очага аварийности, каким является рассматриваемый перекресток, были выполнены исследования параметров транспортных и пешеходных потоков, условий движения, треугольника боковой обзорности, пропускной способности, скорости движения транспортных потоков и т. д. для того, чтобы рассчитать существующие экономические, экологические и аварийные потери на перекрестке. Интенсивность и состав транспортных потоков определяли путем натурного эксперимента по методике НИЦ ДД в рабочие дни недели. Измерения разделяли на отдельные независимые замеры по входам и по направлениям. Каждому входу на пересечении присваивали указанный индекс по часовой стрелке. Для одного из входов главной дороги указывали ориентир. Длительность одного замера, как правило, составляла не менее 15 мин. Замеры проводили с 7.00 до 21.00.

В утренний и вечерний пиковые периоды проводили часовые замеры интенсивности движения транспорта и пешеходов с разбивкой по 15 мин. Результаты распределения интенсивности транспорта и пешеходов показаны на рис. 5, 6.

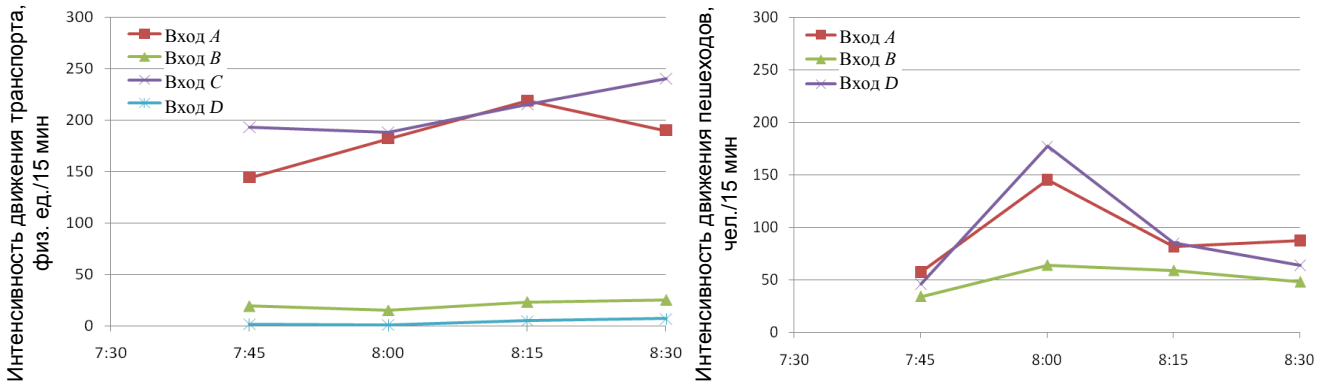

Рис. 5. Неравномерность интенсивности движения в течение утреннего пика (7.30–8.30)

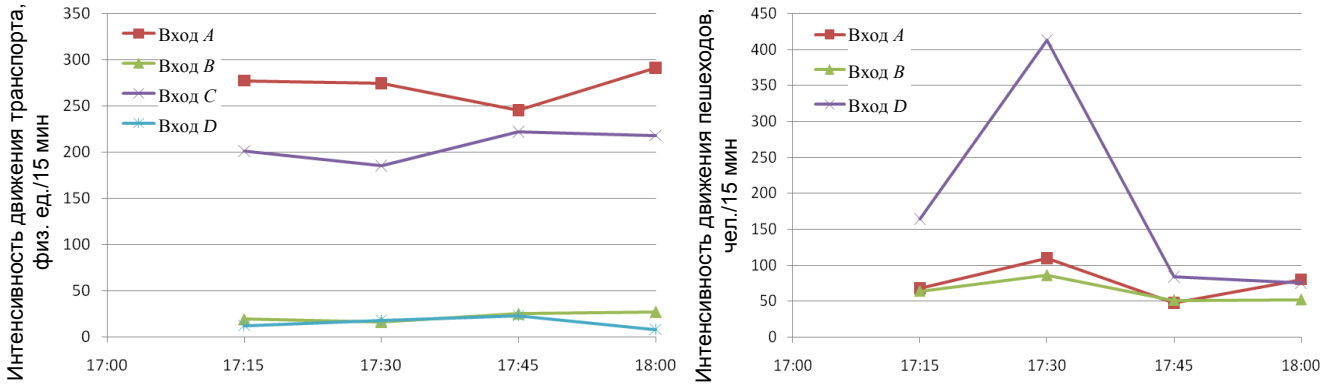

Рис. 6. Неравномерность интенсивности движения в течение вечернего пика (17.15–18.00)

Также было получено распределение интенсивности движения автомобилей по каждой полосе в зоне приближения к пешеходному переходу. Установлено, что больше нагружены вторые полосы для движения. Около 3 % автомобилей движутся по трамвайным путям, зачастую используя их для поворота налево.

Определяли треугольники боковой видимости экспериментальным путем, а также оценивали прозрачность фактического треугольника боковой обзорности. Треугольник боковой видимости в конфликте «транспорт – пешеход» на входе *C* соответствует нормативному, а на входе *A* не соответствует нормативному из-за автомобилей, припаркованных на стоянке. Фактический треугольник боковой видимости ограничен автомобилями, припаркованными на обозначенной стоянке, и его катеты равны 40 и 5 м. Прозрачность фактического треугольника видимости хорошая, если на проезжей части переулка Я. Коласа отсутствуют припаркованные автомобили. В этом случае треугольник боковой видимости уменьшается. Фактический треугольник боковой видимости в конфликте «транспорт – транспорт» на входе *A* имеет размеры катетов 40 и 5 м, поскольку есть помехи в виде припаркованных на стоянке автомобилей. Катеты нормативного треугольника боковой видимости для входа *A* приняты 40 и 15 м (скорость принята 5 м/с, следовательно, боковая сторона треугольника видимости составляет 15 м = 3 с · *v* = 3 с · 5 м/с), поскольку на входе *D* установлен пониженный борт, а на расстоянии 22 м от края проезжей части улицы Я. Коласа – шлагбаум.

По результатам экспериментальных исследований определены загрузка и пропускная способность исследуемого участка улицы Я. Коласа. Установлено, что больше загружена вторая полоса движения – как в прямом, так и в обратном направлениях. Как ранее упоминалось, интенсивность движения распределяется по полосам достаточно равномерно. Следует отметить, что загрузка не достигает предельного значения.

Распределение потерь на нерегулируемом перекрестке улицы Я. Коласа и переулка Я. Коласа показано на рис. 7. Аварийные потери составляют 9 % от общего объема потерь.

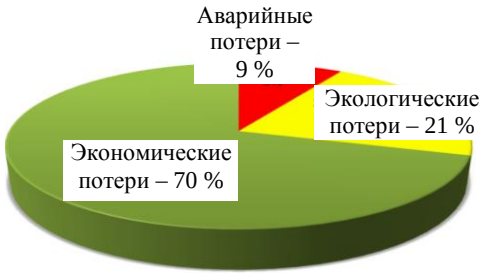

Рис. 7. Распределение потерь на исследуемом перекрестке по видам

По разработанным методикам определения потерь в дорожном движении были рассчитаны экономические, экологические и аварийные потери, возникающие в процессе движения транспортных и пешеходных потоков на исследуемом объекте в зависимости от принятых решений: введения светофорного регулирования (в том числе при координированном управлении светофорными объектами на магистральной улице) и при наличии в зоне пешеходного перехода искусственной неровности.

Вариант организации дорожного движения, согласованный заказчиком для реализации в реальном секторе, изображен на рис. 8. Светофорное регулирование организовано на Т-образном перекрестке переулка Я. Коласа и одноименной улицы с устройством велодорожек, а выезд из университета остается нерегулируемым. Для организации адаптивного управления с учетом неравномерности транспортной нагрузки проектным решением предусмотрено устройство индуктивных детекторов транспорта со всех транспортных направлений (на каждой полосе движения). Кроме того, предусмотрено устройство покрытия тротуаров из плитки красного цвета, а также тактильной плитки.

Результаты расчета потерь предлагаемых мероприятий указаны в табл. 1. На основании диаграммы потерь в дорожном движении на исследуемом объекте по предлагаемым мероприятиям можно сделать вывод, что целесообразным вариантом является введение светофорного регулирования.

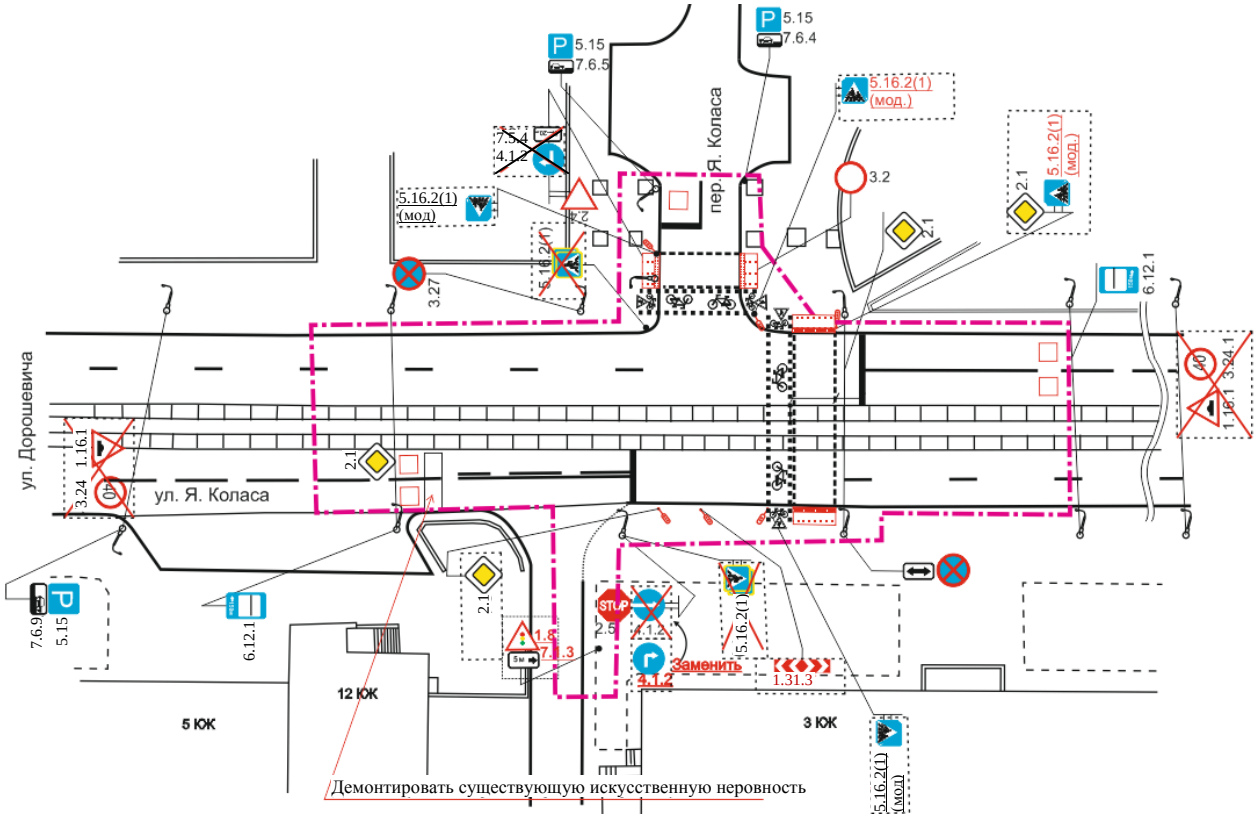

Рис. 8. Вариант организации дорожного движения

Таблица 1

Результаты сопоставления потерь в дорожном движении по вариантам предлагаемых решений

Наименование параметра	Существующая схема ОДД – установка искусственной неровности	Предлагаемый вариант	
		Введение светофорного регулирования	Светофорное регулирование при условии координации с близлежащими СФО
Аварийные потери, тыс. у. е./год	5,7	3,5	3,4
Экологические потери, тыс. у. е./год	41,8	18,5	11,1
Экономические потери, тыс. у. е./год	104,5	74,1	44,4
Суммарные потери, тыс. у. е./год	152,0	96,1	58,9

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований и анализа существующих условий дорожного движения на нерегулируемом перекрестке улицы Я. Коласа и переулка Я. Коласа выявлено, что уровень суммарных потерь в дорожном движении на участке составляет около 92,0 тыс. у. е./год, в том числе потери от аварийности – 7,9 тыс. у. е./ год.

2. Разработаны мероприятия планировочного и организационно-технического характера. На перекрестке рекомендуется введение светофорного регулирования, которое повышает безопасность пешеходов при осуществлении перехода проезжей части и обеспечивает возможность координированного движения по улице Я. Коласа. Реализация разработанных мероприятий позволит снизить уровень аварийных потерь на пешеходном переходе ориентировочно на 4,4 тыс. у. е./год с уменьшением числа аварий на 50–55 %. Строительство светофорного объекта повысит безопасность движения на данном участке улицы Я. Коласа практически без увеличения потерь в дорожном движении, а в случае введения объекта в коор-

динацию и ее правильного функционирования потери снизятся более чем в два раза.

3. Разработанная методика определения потерь в дорожном движении адекватно реагирует на изменения вариантов организации движения, транспортной планировки, режимов светофорного регулирования и прочих мероприятий, применяемых при разработке наилучших вариантов решений по повышению безопасности дорожного движения.

4. Искусственная неровность уменьшает аварийные потери от снижения количества и степени тяжести аварий с пострадавшими, но резко увеличивает экономические, экологические и социальные потери. Это обстоятельство делает применение искусственных неровностей, в сравнении с другими мерами (улучшение видимости и условий маневрирования, обозначение зоны пешеходного перехода, ограничение скорости с автоматическим контролем, организация пешеходного перехода типа «Выбор» и др.), функционально неадекватным, экономически и экологически расточительным и социально разрушительным. Установка искусственной неровности является жесткой, крайней мерой воздействия на всех водителей и пассажиров [12]. Искусственная неровность может применяться на участках концентрации аварий, основной причиной которых является доказанное в установленном порядке превышение скорости движения в местах, где согласно законодательству Республики Беларусь скорость движения ограничена до 20 км/ч – пешеходные и жилые зоны, а также приравненные к ним дворовые территории. Как исключение допускается применение искусственных неровностей на участках концентрации аварий, расположенных на улицах и дорогах населенных пунктов с общим ограничением скорости 60 км/ч, если будет доказано в установленном порядке, что все другие меры по снижению аварийности либо невозможны, либо неэффективны. При этом суточная интенсивность движения, в зависимости от типа застройки, не должна превышать значений, указанных в табл. 2.

5. Применение искусственных неровностей на улицах с интенсивностью более 200 авт./ч приводит к возрастанию суммарных потерь в дорожном движении за счет преобладающего роста экономических и экологических потерь, связанных с торможением перед искусственной неровностью и последующим разгоном. Необходимо отметить, что применение искусственных неровностей приводит к экономическим и экологическим потерям круглосуточно, независимо от наличия участников движения (пешеходов, велосипедистов и т. п.), для защиты которых они же и предназначены. На таких участках применение светофорного регулирования вместо искусственных неровностей является экономически обоснованным мероприятием с малым сроком окупаемости (менее одного месяца), несмотря на существенные капитальные затраты, связанные с сооружением светофорного объекта (около 20 тыс. у. е).

Таблица 2

Интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях

Тип застройки	Интенсивность движения, авт./сут.
Многоэтажная, плотная, двусторонняя	500
Многоэтажная, плотная, односторонняя либо многоэтажная, свободная, двухсторонняя	750
Многоэтажная, свободная, двусторонняя либо одноэтажная, двусторонняя	1000
Одноэтажная, односторонняя	1250
Незастроенная (в радиусе до 50 м) территория населенного пункта	1500

Необходимо запретить установку искусственных неровностей:

- на загородных дорогах любой категории;
- на улицах и дорогах населенных пунктов с интенсивностью движения, более указанной в табл. 1;
- на улицах населенных пунктов с числом полос 4 и более при любой интенсивности движения.

Необходимо, чтобы место установки искусственной неровности было обустроено стационарным (уличным, наружным) освещением.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Врубель, Ю. А.** Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.

2. **Врубель, Ю. А.** Водителю о дорожном движении: пособие для слушателей учебного центра подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров автотракторного факультета / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – 3-е изд., дораб. – Минск: БНТУ, 2010. – 139 с.

3. **Врубель, Ю. А.** Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск: БНТУ, 2006. – 240 с.

4. **Об утверждении** Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июня 2006 г., № 757 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 5/22459.

5. **Капский, Д. В.** Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский. – Минск: БНТУ, 2008. – 243 с.

6. **Улицы** населенных пунктов. Строительные нормы: ТКП 45-3.03-227–2010 (02250). – Введ. 01.07.2011. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 46 с.

7. **Технические** средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические условия: СТБ 1140–2013. – Введ. 01.11.2013. – Минск: БелдорНИИ, 2013. – 46 с.

8. **Технические** средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Общие технические условия: СТБ 1231–2012. – Введ. 01.02.2012. – Минск: БелдорНИИ, 2012. – 37 с.

9. **Технические** средства организации дорожного движения. Правила применения: СТБ 1300–2014. – Введ. 01.06.2014. – Минск: БелдорНИИ, 2014. – 134 с.

10. **Технические** средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические условия: СТБ 1538–2013. – Введ. 01.03.2013. – Минск: БелдорНИИ, 2034. – 7 с.

11. **Охрана** окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах: ТКП 17.08-03–2006 (02120). – Введ. 28.06.06. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология». – 18 с.

12. **Врубель, Ю. А.** Опасности в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – М.: Новое знание, 2013. – 244 с.

R E F E R E N C E S

1. **Vrubel, Yu. A.** (2003) *Losses in Road Traffic*. Minsk: BNTU. 380 p. (in Russian).

2. **Vrubel, Yu. A.,** & Kapsky, D. V. (2010) *To Driver on Road Traffic*. Minsk: BNTU. 139 p. (in Russian).

3. **Vrubel, Yu. A.,** Kapsky, D. V., & Kot, E. N. (2006) *Determination of Losses in Road Traffic*. Minsk: BNTU. 240 p. (in Russian).

4. **On Approval** of Concept of Ensuring Road Safety in the Republic of Belarus: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, June 14, 2006, No 757. *Natsional'nyi Reestr Pravovykh Aktov Respubliki Belarus'* [National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus], 2006, No 5/22459 (in Russian).

5. **Kapsky, D. V.** (2008) *Forecasting of Accidents in Road Traffic*. Minsk: BNTU. 243 p. (in Russian).

6. **ТКР 45-3.03-227–2010** (02250). Streets of Human Settlements. Construction Norms. Minsk, Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2011. 46 p. (in Russian).

7. **СТБ 1140–2013.** Technical Facilities for Organization of Road Traffic. Road Signs. General Technical Conditions. Minsk, BeldorNII, 2013. 46 p. (in Russian).

8. **СТБ 1231–2012.** Technical Facilities for Organization of Road Traffic. Road Marking. General Technical Conditions. Minsk, BeldorNII, 2012. 37 p. (in Russian).

9. **СТБ 1300–2014.** Technical Facilities for Organization of Road Traffic. Application Rules. Minsk, BeldorNII, 2014. 134 p. (in Russian).

10. **СТБ 1538–2013.** Technical Facilities for Organization of Road Traffic. Speed Cushions. General Technical Conditions. Minsk, BeldorNII, 2013. 7 p. (in Russian).

11. **ТКП 17.08-03–2006** (02120). Protection of Environment and Nature Management. Atmosphere. Pollution Emissions and Greenhouse Gases in Atmosphere. Rules for Calculation of Emissions by Mechanical Transport Facilities in Human Settlements. Minsk, Bel. Scientific and Research Centre “Ecology”, 2006. 18 p. (in Russian).

12. **Vrubel, Yu. A.,** & Kapsky, D. V. (2013) *Dangers in Road Traffic*. Moscow, Novoye Znanie. 244 p. (in Russian).

Поступила 20.10.14