

Транспорт

УДК 303.094.7:625.712.1:656.11

DOI: 10.30987/article_5d2d92323407a5.61399351

С.П. Шец, Е.В. Справцева, В.Г. Кешенкова, О.В. Ковалёва

ВЫБОР ТИПА ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА НА ПЕРЕКРЕСТКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проведен анализ транспортных задержек на проектируемом пересечении города Брянска с круговым движением, связанных с необходимостью пропуска высокоинтенсивных потоков пешеходов; задача осложнена близким расположением остановочного пункта к перекрестку и высокой долей маршрутного пассажирского транспорта. Показано, что при стабильно высокой интенсивности пеше-

ходного движения в течение суток целесообразно применение регулируемого движения пешеходов по переходу, отнесенному от кольцевой проезжей части.

Ключевые слова: пешеходный поток, транспортные задержки, имитационное моделирование, круговое движение, пешеходный переход, PTV Vissim.

S.P. Shets, E.V. Spravtseva, V.G. Keshenkova, O.V. Kovalyova

CHOICE OF PEDESTRIAN CROSSING TYPE AT CROSSROADS USING SIMULATION

In the paper there is carried out an analysis of transport delays in the city of Bryansk at the designed intersection with a circular motion connected with the necessity to allow high-intensity pedestrian flows to pass; the problem is complicated with the stop location close to the crossroads and a high share of route passenger vehicles. A basic purpose of the investigation is a definition of an optimum option for the organization of high-intensity pedestrian motion through a carriageway close to the crossroads with a circular motion.

With the aid of the simulation in PTV Vissim environment there is carried out a comparative analysis of a basic option of a road traffic organization (completely controlled crossroads) and three design options of circular motion with different types of pedestrian

crossing and its location regarding the crossroads and the stop.

The assessment of carrying capacity and transport delays at the crossroads approach has shown that at a constantly high intensity of pedestrian flow motion in the course of a day it should be expedient to use a controlled pedestrian flow through a pedestrian crossing moved from a circular carriageway; this option allows decreasing transport delays for almost five times as compared with an uncontrolled motion and by more than 20% in comparison with the controlled pedestrian flow close to a ring.

Key words: pedestrian flow, transport delays, simulation, circular motion, pedestrian crossing, PTV Vissim.

Введение

В последние годы в России все большее предпочтение отдается кольцевым пересечениям вместо перекрестков со светофорным регулированием, так как круговое движение обладает значительными преимуществами, особенно в периоды времени между часами пик [1]. Количество кольцевых пересечений в городах неуклонно растёт. Ключевыми аргументами при выборе типа пересечения в первую очередь являются соображения безопасности. Кольцевые пересечения в области безопасности движения имеют ряд преимуществ по сравнению с другими видами пересечений: меньшее количество конфликтных точек и небольшие углы слия-

ния и переплетения транспортных потоков [2].

Анализ работы существующих пересечений, как нерегулируемых, так и кольцевых, а также результаты компьютерного моделирования свидетельствуют о наличии больших задержек транспорта, связанных с близким расположением к перекресткам или остановочным пунктам общественного транспорта нерегулируемых пешеходных переходов с высокоинтенсивным движением пешеходов [3]. При отсутствии возможности проведения натуральных экспериментов по определению оптимального типа пешеходного перехода и места его расположения актуальным является

применение методов математического моделирования, не требующего материальных затрат и позволяющего сравнивать большое число проектных вариантов организации движения на участке УДС [4; 5].

PTV Vissim является ведущей микроскопической программой имитации для моделирования мультимодального движения транспорта из серии программного обеспечения Vision Traffic Suite. Реалистично и точно Vissim создает оптимальные условия для тестирования различных транспортно-технических сценариев перед их реализацией [6]. Исследования показали, что имитационные модели могут стать хорошим инструментом принятия управленческих решений по повышению безопасности пешеходов на переходах. Выбор оптимального интервала сигнала светофора позволит снизить вероятность ДТП с пешеходами, при этом параметры транспортного потока изменятся незначительно [7].

Вопрос выбора типа пешеходного перехода, проектируемого вблизи перекре-

стка с круговым движением, необходимо решать комплексно, учитывая безопасность движения, транспортные задержки, которые могут быть спровоцированы непрерывным потоком пешеходов (на нерегулируемом наземном переходе), а также стоимость работ по обустройству пешеходного перехода [8; 9]. Переход типа «зебра» является самым недорогим и простым в организации среди видов пешеходных переходов. Однако количество происшествий на таких переходах растет с каждым годом. Наиболее безопасными являются переходы в разных уровнях с движением потока транспорта, но для их реализации требуются существенные средства, а также наличие свободного пространства вблизи перекрестка для строительства [10]. В местах, где движение пешеходов носит эпизодический характер, целесообразно применение на переходах светофоров с устройствами вызывного действия, которые существенно сокращают задержки транспорта при высоком уровне безопасности движения [11].

Проектирование развязки с круговым движением на пересечении проспекта Московского и улицы Дзержинского города Брянска

В работе рассмотрен регулируемый перекресток проспекта Московского и улицы Дзержинского в городе Брянске, расположенный вблизи крупного торгового центра «Европа». Большая площадь перекрестка создает дополнительные затраты времени при движении автомобилей, они не успевают завершить маневр в течение разрешающего сигнала светофора. Также широкая проезжая часть улицы Дзержинского (40 м) значительно увеличивает длину пешеходного перехода, а длительность пешеходной фазы - всего 13 с, люди не успевают завершить переход и вынуждены останавливаться на проезжей части. Цикл светофорного регулирования составляет 141 с, что превышает рекомендуемые значения (120 с). В итоге наблюдаются существенные очереди на подходах к перекрестку, резервы пропускной способности при данной схеме организации дорожного движения исчерпаны. Для устранения перечисленных недостатков разработан про-

ект классического кольцевого саморегулируемого пересечения с нерегулируемыми пешеходными переходами в зоне перекрестка, который не потребует существенных земельных работ благодаря наличию избыточной площади перекрестка и отсутствию близкорасположенной застройки.

В качестве исходных данных для проектирования были использованы геометрические параметры проезжих частей, а также сведения о разрешенных направлениях движения на пересечении. Входные данные о транспортных и пешеходных потоках были собраны с помощью видеосъемки на регулируемом пересечении проспекта Московского и улицы Дзержинского города Брянска в пиковые периоды суток. Максимальные значения наблюдаются в вечерний пиковый период (с 18⁰⁰ до 19⁰⁰); картограмма интенсивностей транспортных и пешеходных потоков, построенная для кругового движения автомобилей, представлена на рис. 1.

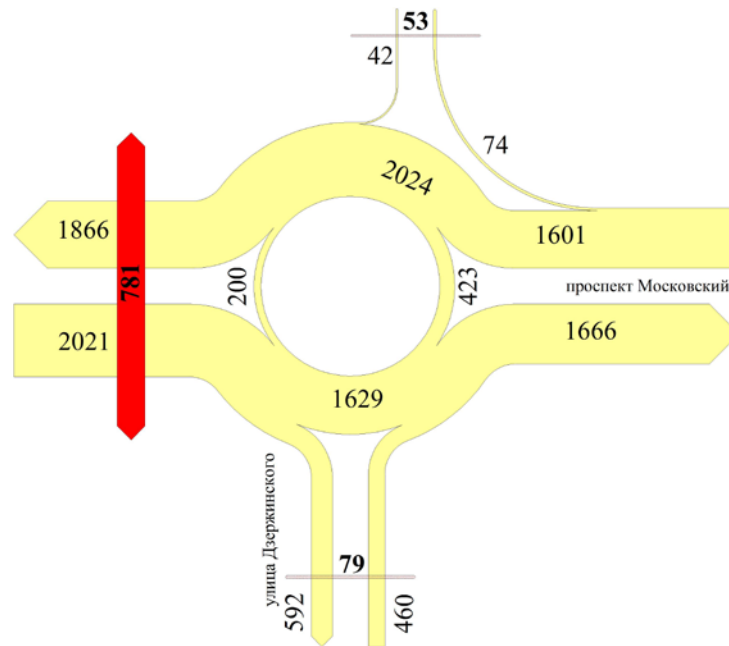


Рис. 1. Картограмма интенсивностей транспортных и пешеходных потоков для проектируемого кольцевого пересечения

Дополнительно было проведено исследование движения пешеходов на переходе через проезжую часть проспекта Московского в активные часы суток (с 5⁰⁰ до 23⁰⁰) в будний день (вторник), результаты которого показали, что с 7⁰⁰ до 21⁰⁰ на-

блюдается оживленное движение (свыше 200 чел./ч). Пиковая интенсивность движения пешеходов приходится на период с 17⁰⁰ до 19⁰⁰, она достигает значения почти 800 чел./ч (рис. 2).

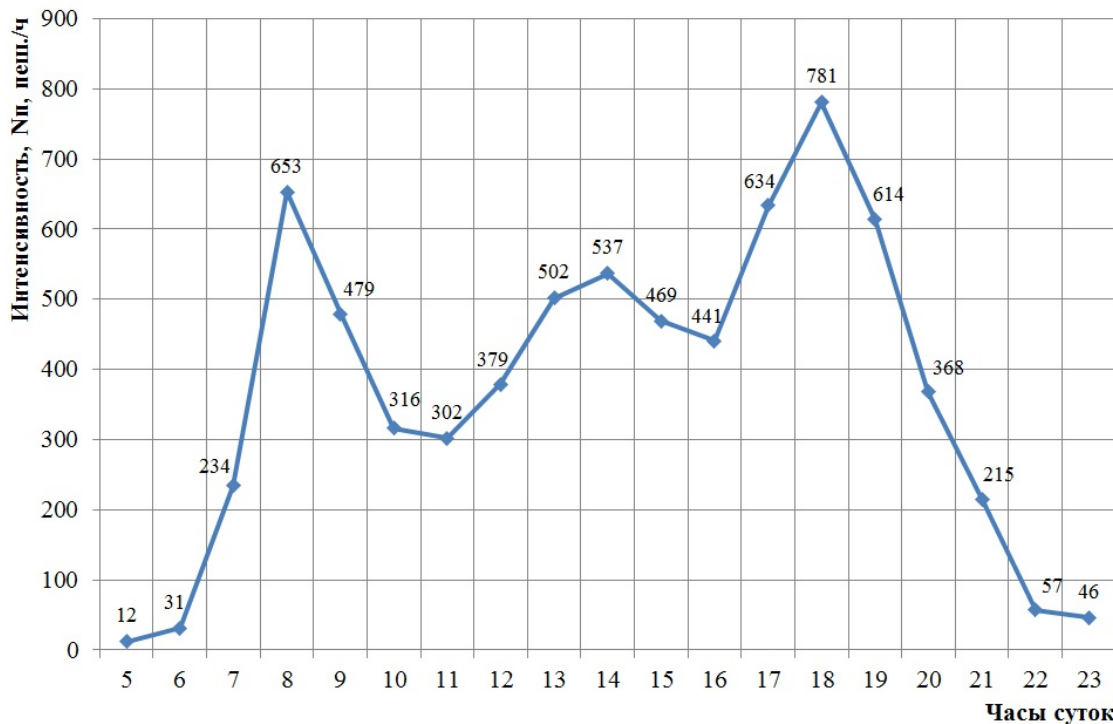


Рис. 2. Данные об интенсивности пешеходных потоков через проезжую часть проспекта Московского

Моделирование транспортных потоков на перекрестке

Первоначальное исследование включало 2 этапа. На первом строилась базовая модель - «как есть» (параметры модели соответствовали текущей ситуации), затем была разработана классическая схема кольцевого пересечения с нерегулируемыми пешеходными переходами, расположенными в зоне перекрестка. После построения моделей в программе PTV Vissim

был проведен пробный запуск имитации для проверки соответствия движения транспортных и пешеходных потоков ПДД РФ, а также на наличие других возможных ошибок с последующим их устранением. Результаты пробного запуска имитации базового и проектного вариантов перекрестка проспекта Московского и улицы Дзержинского представлены на рис. 3а, б.

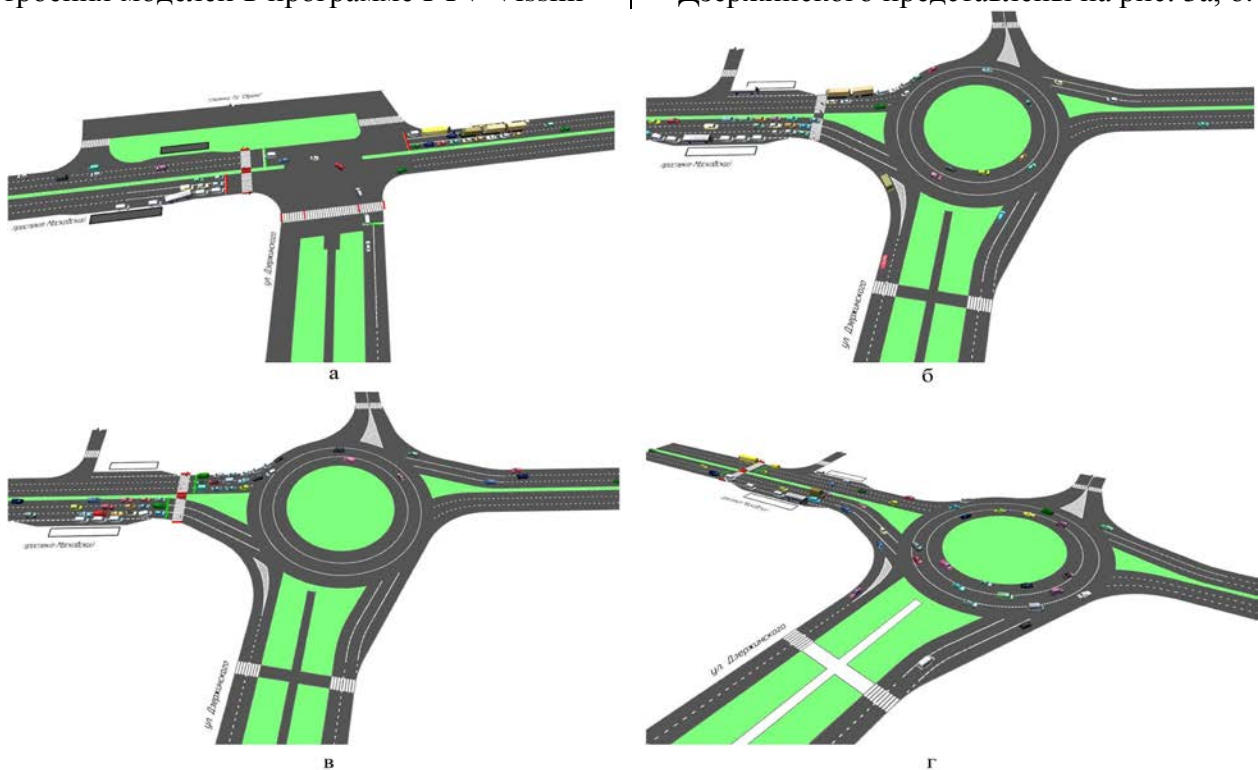


Рис. 3. Запуск имитационных моделей в программе PTV Vissim:

а - базовый вариант; б - проектный вариант 1; в - проектный вариант 2; г - проектный вариант 3

В базовом варианте видны очереди на всех подходах к перекрестку, многие автомобили вынуждены полностью останавливаться в ожидании проезда. В проектном варианте движение более свободное, однако можно отчетливо увидеть очереди автомобилей, скапливающиеся у пешеходного перехода через проезжую часть проспекта Московского; из-за высокой интенсивности пешеходного движения создаются транспортные задержки - как со стороны путепровода, так и со стороны кольца. Для устранения данного недостатка было принято решение изменить тип пешеходного перехода на пересечении. Строительство перехода в разных уровнях, которое рекомендовано при высоких значениях интенсивности конфликтующих

потоков транспорта и пешеходов, является дорогостоящим мероприятием. Альтернативным вариантом является введение светофорного регулирования движения пешеходов (самый доступный из возможных вариантов), пешеходы будут собираться группами вместо одиночного движения через переход. Так как пешеходный поток в активный период суток высокоинтенсивный, т.е. нет периода, когда наблюдается спад интенсивности движения пешеходов, то применение устройства вызывного действия будет малоэффективным. Введение режима желтого мигания на переходе с 22⁰⁰ до 6⁰⁰ переведет его в статус нерегулируемого, чего будет достаточно при незначительном числе пешеходов и невысокой интенсивности движения автомобилей.

В качестве еще двух альтернативных вариантов светофорного регулирования движения пешеходов рассматриваются проектный вариант 2 - переход остается на прежнем месте в зоне перекрестка (рис. 3в) и проектный вариант 3 - переход смещается в сторону путепровода за остановочные пункты (рис. 3г). Движение автомобилей становится более свободным, транспортный поток скапливается перед переходом

только в моменты, когда горит разрешающий сигнал для пешеходов, в остальное время движение происходит практически без задержек. В проектом варианте 3 отнесенный пешеходный переход не создает сложностей для маршрутного пассажирского транспорта, отъезжающего от остановочного пункта в направлении кольца, также не собирается очередь автомобилей, выезжающих с кольцевой проезжей части.

Анализ результатов моделирования

Для сравнения базового и проектных вариантов имитационного моделирования в среде PTV Vissim производится сбор данных и анализ результатов с помощью датчиков и счетчиков. Датчик «Время в пути ТС» задается отрезком, на котором будет высчитываться время пребывания ТС в зоне перекрестка. С помощью функции «Измерительный пункт» были размещены детекторы, считающие количество транспортных средств, прошедших через них. После расстановки детекторов и счетчиков был произведен окончательный запуск имитационной модели для сбора необходимой информации. Полученные данные по результатам моделирования базового

и проектных вариантов представлены в таблице.

В базовом варианте максимальные задержки наблюдались при движении по улице Дзержинского (58,7 с), на остальных подходах они были примерно на одинаковом уровне ($\approx 22-24$ с). После введения кругового движения задержки на всех подходах снизились, кроме подхода 3 (зона изучаемого пешеходного перехода), где из-за хаотичного движения пешеходов простои автомобилей увеличились в среднем до 36,7 с. Введение светофорного регулирования на пешеходном переходе позволило добиться снижения средних задержек на всех подходах по сравнению с базовым вариантом от 2,4 до 3,2 раза.

Таблица

Результаты сравнительного анализа схем организации дорожного движения

Номер подхода	Средняя задержка, с				Проехало автомобилей (за интервал моделирования 10 мин)			
	Базовый вариант	Проектный вариант			Базовый вариант	Проектный вариант		
		1	2	3		1	2	3
Подход 1	21,9	8,1	6,8	4,1	193	204	208	208
Подход 2	58,7	13,7	20,4	10,2	49	50	50	50
Подход 3	21,5	36,7	9,1	7,5	110	272	291	287
Подход 4	23,6	10,7	8,5	8,9	4	4	4	4
В целом на перекрестке	26,9	23,3	9,3	6,5	356	530	553	549

Из анализа данных таблицы также видно, что с введением кругового движения повысилась пропускная способность на перекрестке (т.е. максимальное число транспортных средств, проехавших за единицу времени). Сравнение средней задержки на перекрестке в целом позволяет сделать вывод, что светофорное регулиро-

вание на пешеходном переходе при введении кругового движения снижает среднюю задержку одного проехавшего через перекресток автомобиля с 26,9 до 6,44-9,3 с. Наиболее предпочтительным является проектный вариант 3 с переносом пешеходного перехода и светофорным регулированием движения пешеходов.

Заключение

Результаты моделирования в среде PTV Vissim показали, что интенсивные пешеходные потоки напрямую влияют на производительность кольцевого пересечения. При отсутствии материальной возможности строительства пешеходного перехода в разных уровнях с проезжей ча-

стью целесообразно применять светофорное регулирование при условии отнесения перехода от перекрестка с круговым движением, что позволит снизить транспортные задержки почти в 5 раз по сравнению с нерегулируемым переходом в зоне пересечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин, Н.А. Анализ эффективности кольцевого пересечения с пешеходными переходами / Н.А. Никитин // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2018. - Т. 22. - № 11 (142). - С. 231-240.
2. Шец, С.П. Применение имитационного моделирования при совершенствовании организации дорожного движения на перекрестке города Брянска / С.П. Шец, Е.В. Справцева, А.А. Калмыков // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2017. - № 3. - С. 67-72.
3. Пузаков, А.В. О снижении задержек транспорта в зоне пешеходных переходов (на примере г. Оренбурга) / А.В. Пузаков // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2011. - № 10 (129). - С. 64-69.
4. Аникеев, Е.А. Управление пешеходными потоками при пиковой интенсивности движения / Е.А. Аникеев // Программные продукты и системы. - 2015. - № 1. - С. 161-166.
5. Симуль, М.Г. Моделирование конфликтных ситуаций на наземных пешеходных переходах городских дорог и улиц для повышения безопасности движения / М.Г. Симуль, А.С. Александров // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. - 2012. - № 1 (23). - С. 47-50.
6. Ходоскин, Д.П. Выбор способа оборудования пешеходных переходов на улицах с двумя полосами движения с помощью программного продукта PTV Vissim 6.0 / Д.П. Ходоскин, М.Н. Колодченко // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики: сб. науч. тр. каф. «Организация перевозок и управление на транспорте» СибАДИ. - Омск, 2017. - С. 238-252.
7. Макарова, И.В. Применение имитационного моделирования для решения проблемы безопасности на пешеходных переходах / И.В. Макарова, Д.Ф. Давлетшин, А.Д. Бойко // Имитационное моделирование. Теория и практика: материалы VIII всерос. науч.-практ. конф. - СПб., 2017. - С. 469-473.
8. Половникова, А.Э. Выбор рационального типа пешеходных переходов с учетом безопасности движения пешеходов / А.Э. Половникова, В.И. Клевеко // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. - 2012. - Т. 2. - С. 356-361.
9. Акимова, В.С. К вопросу о выборе типа пешеходного перехода / В.С. Акимова, К.Ю. Козина, К.А. Кадейкина // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы VII всерос. науч.-практ. конф. - Омск, 2012. - С. 3-8.
10. Моисеева, О.В. Выбор рационального типа пешеходных переходов с учетом стоимости строительства и безопасности движения пешеходов / О.В. Моисеева // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. - 2015. - Т. 1. - С. 447-452.
11. Моделирование средней задержки транспортного и пешеходного потоков при использовании пешеходных вызывных устройств (ПВУ) / Б.Т. Торобеков, В.И. Охотников, М. Лучихин, С. Журавлев // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. - 2016. - № 1 (37). - С. 56-61.
1. Nikitin, N.A. Effectiveness analysis of circular crossroads with pedestrian crossings / N.A. Nikitin // Bulletin of Irkutsk State Technical University. - 2018. - Vol.22. - No.11 (142). - pp. 231-240.
2. Shets, S.P. Simulation application at road traffic organization improvement at crossroads of Bryansk / S.P. Shets, E.V. Spravtseva, A.A. Kalmykov // Bulletin of Bryansk State Technical University. - 2017. - No.3. - pp. 67-72.
3. Puzakov, A.V. On transport delay decrease in area of pedestrian crossings (by example of Orenburg) / A.V. Puzakov // Bulletin of Orenburg State University. - 2011. - No.10 (129). - pp. 64-69.
4. Anikeev, E.A. Pedestrian flow control at rush hours / E.A. Anikeev // Software Products and Systems. - 2015. - No.1. - pp. 161-166.
5. Simul, M.G. Modeling of conflict situations on ground pedestrian crossings and streets to increase traffic safety / M.G. Simul, A.S. Alexandrov // Bulletin of Siberian State Automobile and Road Academy. - 2012. - No.1 (23). - pp. 47-50.
6. Khodoskin, D.P. Choice of method for pedestrian crossing formation in two-lane streets using PTV Vissim 6.0 software product / D.P. Khodoskin, M.N. Kolodchenko // Development of Theory and Practice of Motor Transportation, Transport Logis-

- tics: Proceedings of the Dep. "Transportation Organization and Transport Management" SibARA. – Omsk, 2017. – pp. 238-252.
7. Makarova, I.V. Simulation application for solution of safety problems at pedestrian crossings / I.V. Makarova, D.F. Davletshin, A.D. Boiko // Simulation. Theory and Practice: proceedings of the VIII-th All-Russian Scientif.-Pract. Conf. – S-Pb., 2017. – pp. 469-473.
8. Polovnikova, A.E. Choice of efficient pedestrian crossing type taking into account pedestrian motion safety / A.E. Polovnikova, V.I. Klevko // Updating and Scientific Investigations in Transport Complex. – 2012. – Vol.2. – pp. 356-361.
9. Akimova, To the problem of pedestrian crossing type choice / V.S. Akimova, K.Yu. Kozina, K.A. Kadeikina // Development of Road-Transport Complex and Construction Infrastructure based on Efficient Nature Management: Proceedings of the VII-th All-Russian Scientif.-Pract. Conf. – Omsk, 2012. – pp. 3-8.
10. Moiseeva, O.V. Choice of efficient pedestrian crossing type taking into account construction cost and pedestrian motion safety / O.V. Moiseeva // Ecology and Scientific-Technological Progress. Urbanistics. – 2015. – Vol.1. – pp. 447-452.
11. Modeling of average delay of transport and pedestrian flows when using pedestrian calling devices (PCD) / B.T. Torobekov, V.I. Okhotnikov, M. Luchikhin, S. Zhuravlyov // Proceedings of Razzakov State Technical University of Kyrgyzstan. – 2016. – No.1 (37). – pp. 56-61.

Статья поступила в редакцию 17.04.19

Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного инженерно-технологического университета

Тихомиров П.В.

Статья принята к публикации 7. 06. 19.

Сведения об авторах:

Щец Сергей Петрович, д.т.н., зав. кафедрой «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, e-mail: shetssp@mail.ru.

Справцева Екатерина Викторовна, ст. преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, e-mail: kama3@list.ru.

Shets Sergey Petrovich, Dr. Sc. Tech, Head of the Dep. "Motor Transport", Bryansk State Technical University, e-mail: shetssp@mail.ru.

Spravgseva Ekaterina Victorovna, Senior lecturer of the Dep. "Motor Transport", Bryansk State Technical University, e-mail: kama3@list.ru.

Кешенкова Валентина Григорьевна, программист кафедры «Автомобильный транспорт» Брянского государственного технического университета, e-mail: keshenkova_2005@mail.ru.

Ковалёва Ольга Васильевна, ст. преподаватель кафедры автоматизированных информационных систем и технологий Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского, e-mail: lelik_zu@mail.ru.

Keshenkova Valentina Grigorievna, Programmer of the Dep. "Motor Transport", Bryansk State Technical University, e-mail: keshenkova_2005@mail.ru.

Kovalyova Olga Vasilievna, Senior lecturer of the Dep. "Automated Information Systems and Technologies", Academician Petrovsky State University of Bryansk, e-mail: lelik_zu@mail.ru.