УДК 656.051

© А. М. Плотников, д-р техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: pampspb@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-6-201-207

© A. M. Plotnikov, Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: pampspb@yandex.ru

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОДНОУРОВНЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ДОРОГ

METHODS OF EVALUATION OF ROAD SAFETY AT SINGLE-LEVEL INTERSECTIONS

Предложена методика малозатратной цифровой диагностической оценки безопасности дорожного движения на одноуровневых пересечениях дорог по их формализованным моделям схем организации движения с конфликтной загрузкой. Конфликтная загрузка визуализируется через конфликтные точки в разъездах маневрирования транспортных и транспортно-пешеходных потоков и оценивается по разработанному понятийному аппарату оценок уровней требований к безопасности движения на основе действующей нормативной базы.

Ключевые слова: схемы организации движения с конфликтной загрузкой, конфликтные точки в траекториях движения транспортных потоков.

The article presents a technique of low-cost digital diagnostic evaluation of traffic road safety at single-level road intersections according to formalized models of traffic organization schemes with conflict loading. Conflict loading is visualized through the conflict points in the trajectories of traffic flows and vehicle-pedestrian flows. It is evaluated according to the developed conceptual framework of assessing the levels of requirements for traffic safety basing on the existing regulatory framework.

Keywords: traffic organization schemes with conflict loading, conflict points in the trajectories of traffic flows.

В п. 3 ст. 2 «Основные принципы организации дорожного движения в Российской Федерации» Федерального закона № 443-ФЗ от 29.12.2017 «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» для всех органов государственной власти субъектов РФ поставлена важная народнохозяйственная задача: приоритет безопасности дорожного движения по отношению к потерям времени (задержкам) при движении транспортных средств и (или) пешеходов. Поэтому действующий ФЗ № 196 от 1995 г. «О безопасности дорожного движения» с поставленной в ст. 2 задачей «деятельность по предупреждению причин возникновения тяжких ДТП» приобретает особую роль для всех звеньев ВАДС (водитель – автомобиль – дорога – среда).

В «Стратегии безопасности дорожного движения в РФ на 2018–2024 годы»¹ (далее — «Стра-

¹ URL: <https://procrf.ru/news/602800-ob-utverjdenii-strategii-bezopasnosti.html>

тегия») установлен контрольный показатель «социального риска» с числом погибших в ДТП — не более четырех погибших на 100 тыс. населения. Уровень «социального риска» должен быть обеспечен на российских дорогах и стремиться к «нулевой смертности на дорогах» в 2030 году.

В 2017 г. «социальный риск» погибших на 100 тыс. населения на дорогах России составил примерно 13,5 чел. при количестве населения в РФ 146,8 млн чел. Решение задач «Стратегии» в новых акцентах постановки по п. 3 ФЗ № 443 возможно только при использовании научно разработанных прорывных, инновационных, цифровых и малозатратных технологий [1–5], использующих варианты вероятностного прогнозирования диагностических оценок уровней требований к безопасности движения (УТБД) в звеньях дорожной среды ВАДС с одноуровневыми пересечениями дорог, где особо аварийными являются нерегулируемые и регулируемые

светофорами пересечения (перекрестки) дорог (НП и РП) [6, 7].

Показатели в формате «Стратегии» у нас существенно отстают от стран, решающих проблему безопасности дорожного движения (табл. 1)².

Анализ статистики по ДТП на дорогах в регионах РФ указывает на скрытый потенциал долевого вклада в аварийность, которую вносят одноуровневые регулируемые и нерегулируемые светофорной сигнализацией пересечения на дорогах (перекрестки). Это подтверждают комплексные исследования, проведенные по случайной выборке на 77 действующих Х- и Т-образных регулируемых пересечениях (РП) дорог в Санкт-Петербурге (Госконтракт КРТИ НИР-29 от 10.09.2014) по разным методикам оценки безопасности движения: опасности пересечений K_a [8] — автор Е. М. Лобанов (МАДИ), конфликтной загрузки $R_{шлел}$ [9] — автор Ю. Д. Шелков (НИЦ ГАИ МВД России), а также по разработанным уточненной и диагностической оценкам уровней требований к безопасности движения $R_{пл}$ и $R_{плmax}$ [5, 6, 10] — автор А. М. Плотников (СПбГАСУ). Исследования привели к неожиданным результатам по числу погибших в ДТП на РП дорог. Оно составило около 22 % от общих среднегодовых потерь со смертельным исходом на улично-дорожной сети в Санкт-Петербурге за период с 2007 по 2012 год.

Сравнительный анализ эффективности указанных выше методик для разнообразных схем организации движения (СОД) с конфликтной загрузкой (КЗ), используемых при равных ис-

ходных данных в одноуровневых РП дорог, дал почти диаметрально противоположные результаты, оцениваемые по действующим нормативам³: либо «неопасные» по K_a , либо «очень опасные» по конфликтной загрузке $R_{шлел}$, что не отражает тренда реальной статистики ДТП в Санкт-Петербурге в период 2007–2012 гг. Противоречивые результаты по оценкам безопасности дорожного движения делают целесообразной разработку уточненной $R_{пл}$ и диагностической $R_{плmax}$ оценок уровней требований к безопасности движения (УТБД) [5, 6, 11, 12] — с новым обобщенным и уточненным понятийным аппаратом для любых одноуровневых пересечений дорог. Такой понятийный аппарат УТБД — K_a , $R_{шлел}$, $R_{пл}$, $R_{плmax}$, корректирующий действующие оценки, представлен в табл. 2.

На дорогах РФ численность одноуровневых НП существенно превышает число РП. Это позволяет предположить, что общая аварийность со смертельным исходом на всех одноуровневых пересечениях дорог в России значительно выше, чем полученная (около 22 %) только для РП на УДС в Санкт-Петербурге.

Сегодня в РФ принятие решений о переоснащении одноуровневых нерегулируемых пересечений дорог с проектированием на них регулируемых светофорами пересечений, работающих в системах автоматического управления движением (САУ), регламентировано ГОСТ Р 52289–2004⁴. В его разделе 7.2.14 светофоры типа Т.1 любых исполнений, Т.2, П.1 и П.2 применяют для регулирования движения на перекрестках и в иных местах, где пересекаются в одном уровне транспортные потоки, а также транспортные и пешеходные потоки. Указанные светофоры применяют при наличии хотя бы одного из следующих четырех условий.

Условие 1. Интенсивность движения транспортных средств пересекающихся направлений в течение каждого из любых 8 ч рабочего дня недели не менее установленных значений (см. ГОСТ Р 52289–2004, табл. 3).

Условие 2. Интенсивность движения транспортных средств по дороге составляет не менее

³ ОДМ 218.4.005–2010.

⁴ ГОСТ Р 52289–2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств (с Изменениями № 1, 2).

Таблица 1
Социальный риск погибших в ДТП
на 100 тыс. населения в странах Европы

Страны	Фактические данные			Прогноз Еврокомиссии	
	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2016 г.	2020 г.
Швеция	9,1	6,7	2,8	2,7	1,4
Англия	9,4	6,1	3,1	2,9	1,6
Нидерланды	9,2	6,8	3,6	3,3	1,8
Испания	23,2	14,5	5,4	3,7	2,7
Германия	14	9,1	4,5	3,9	2,3
Ирландия	13,6	11	4,7	4	2,4
Россия	24	20,1	18,6	13,8	~6,5

Таблица 2

Понятийный аппарат оценки УТБД — K_a , $R_{\text{Шел}}$, $R_{\text{Пл}}$, $R_{\text{Плmax}}$ и их количественные значения

Действующие оценки — K_a ($R_{\text{Шел}}$) ед. ед.	<3	3,1–8	8,1–12	>12
Виды уровня (степени) опасности пересечения или уровень конфликтной загрузки по ОДМ 218.4.005–2010	Неопасное	Малоопасное	Опасное	Очень опасное
Разработанные уточненные оценки — K_a , $R_{\text{Шел}}$, $R_{\text{Пл}}$, $R_{\text{Плmax}}$, ед.	От 0 до 3 вкл.	> 3 до 8 вкл.	> 8 до 12 вкл.	>12
Понятийный аппарат оценки уровней требований к безопасности движения (УТБД) вместо действующих видов	Повышенный (ПУТБД)	Промежуточный (ПрУТБД)	Допустимый (ДУТБД)	Недопустимый (НУТБД)

600 ед./ч (для дорог с разделительной полосой — 1000 ед./ч) в обоих направлениях в течение каждого из любых 8 ч рабочего дня недели. Интенсивность движения пешеходов, пересекающих проезжую часть этой дороги в одном, наиболее загруженном направлении в то же время составляет не менее 150 пеш./ч.

В населенных пунктах с числом жителей менее 10 000 чел. значения интенсивности движения транспортных средств и пешеходов по условиям 1 и 2 составляют 70 % от указанных.

Условие 3. Значения интенсивности движения транспортных средств и пешеходов по условиям 1 и 2 одновременно составляют 80 % или более от указанных.

Условие 4. На перекрестке совершено не менее трех ДТП за последние 12 мес., которые могли быть предотвращены при наличии световой сигнализации. При этом условия 1 или 2 должны выполняться на 80 % или более.

Из условий 1–4, регламентирующих переоборудование нерегулируемых перекрестков в регулируемые светофорами, следует, что этот процесс очень трудоемкий и затратный. В условиях ограниченного финансирования с выполнением регламентных условий 1–4 не удастся достичь до высоких стандартов европейских государств в намеченный «Стратегией» срок к 2024 году. Сегодня требуются инновационные и малозатратные механизмы и технологии для принятия решений по переоборудованию одноуровневых НП в РП. Они были разработаны в работах [5, 6], где для любых множеств видов Х- и Т-образных регулируемых и нерегулируемых пересечений дорог был научно обоснован эффективный метод диагностической оценки $R_{\text{Плmax}}$ уровней тре-

бований к безопасности движения с новым понятийным аппаратом (см. табл. 2). Этот метод позволяет проводить инвентаризацию оценок $R_{\text{Плmax}}$ и их ранжирование с **паспортизацией** по УТБД: ПУТБД; ПрУТБД; ДУТБД и НУТБД в соответствующих уточненных цифровых интервалах оценок их значений (ед.): $0 \leq 3$; $3 < 8$; $8 \leq 12$ и $12 < 12$.

На первом этапе научно-практического решения принятых в «Стратегии» задач необходимо осуществить малозатратную диагностическую оценку УТБД, включая их паспортизацию через $R_{\text{Плmax}}$ [10, 11] на одноуровневых пересечениях дорог во всех регионах РФ. Малозатратность такой технологии оценок $R_{\text{Плmax}}$ заключается в том, что для ее практического проведения на любых по геометрии одноуровневых нерегулируемых или регулируемых пересечениях дорог не требуются трудоемкие затраты на получение информации об интенсивности движения транспортно-пешеходных потоков по условиям 1–4. Для определения цифровых оценок $R_{\text{Плmax}}$ требуются лишь данные о видах конфликтных точек и их численности по видам, имеющим место на одноуровневых РП и НП. Такие данные можно получить из визуализированных конфликтных загрузок (КЗ) в формализованных моделях схем организации движения (СОД) с видами и числом конфликтных ситуаций, которые выражаются через конфликтные точки: П — пересечения, С — слияния, О — отклонения и столкновения от ударов сзади.

Синтезированная [6, 10] математическая формула для определения $R_{\text{Плmax}}$ имеет вид

$$R_{\text{Плmax}} = 0,43П + 0,25С + 0,1О + 0,75,$$

где П, С и О соответственно равны числу конфликтных точек в схемах организации движений

на конкретном перекрестке по пересечениям «транспорт — транспорт» (в том числе и «транспорт — пешеход»), слияниям и отклонениям. Величина 0,75 учитывает вероятность столкновений (наезда) сзади.

Примеры визуализированных компьютерной графикой формализованных моделей СОД с КЗ для НП и РП, из которых можно получать необходимые исходные данные для формулы оценки $R_{\text{плmax}}$, представлены соответственно на рис. 1–3.

Анализ результатов диагностических оценок (т. е. инвентаризаций) УТБД через $R_{\text{плmax}}$, проведенных выше на соответствующих примерах с рис. 1–3, наглядно и однозначно демонстрирует простоту такой технологии относительно действующего регламента в условиях 1–4 ГОСТ Р 52289–2004, а также тот факт, что одноуровневые нерегулируемые перекрестки являются более аварийными по ДТП, чем регулируемые, по шкале понятийного аппарата табл. 2.

При этом проектирование моделей СОД с КЗ для одноуровневых регулируемых и нерегулируемых пересечений дорог на альтернативной основе с заданными заказчиками оценками УТБД и паспортизацией этих оценок на базе полученных научных знаний [5–7, 12–15] позволяет управлять этими оценками. Такая технология является актуальной, эффективной и малоза-

Рис. 1. Формализованная СОД с КЗ для однополосного Х-образного НП с разрешенными пешеходными потоками (9а, 9б, 9в, 9г) и разворотами (10а', 10б', 10в', 10г') транспортных средств, где виды конфликтных точек по численности (шт.): пересечения ● — 32; слияния ● — 12; отклонения ○ — 12; всего 56 шт. конфликтных точек (для НП $R_{\text{плmax}} = 18,7$ ед., по табл. 2 — НУТБД)

тратной для России и способна реализовать концепцию «нулевой смертности» на одноуровневых пересечениях дорог.

Вывод

Разработанная в России малозатратная методика цифровой диагностической оценки уровня требований к безопасности дорожного движения на одноуровневых пересечениях дорог по визуализированным и формализованным моделям схем организации движения с конфликтной загрузкой (СОД с КЗ) позволяет:

- проводить во всех регионах России оперативный аудит любых одноуровневых не регулируемых светофорами пересечений дорог без про-

Рис. 2. Двухфазное управление в моделях СОД с КЗ при однополосном движении на Х-образном РП с просачиванием транспортных потоков (ТП) со встречными ТП и с пешеходными потоками (ПП), длительность светового цикла $T_{\text{ц}} = 70$ с, при традиционном пофазном методе управления в фазах 1 и 2, где вариант 1 — конфликтные точки, шт.: пересечений ● — 8; слияний ● — 8; отклонений ○ — 12; всего 28; $R_{\text{плmax}} = 6,3$ ед. — ПрУТБД; вариант 2, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.: пересечения ● — 8; слияния ● — 4; отклонения ○ — 8; всего 20; $R_{\text{плmax}} = 5,0$ ед. — ПрУТБД

Рис. 3. Двухфазно управляемая модель СОД с КЗ на РП при двухполосном движении с просачиванием ТП через встречные ТП и ПП для традиционного пофазного метода управления в фазах 1 и 2, $T_{\text{ц}} = 44$ с, где вариант 1 — конфликтные точки, шт.:

пересечений ● — 16; слияний ● — 8; отклонений ○ — 16; всего 40;
 $R_{\text{плmax}} = 10,5$ ед. — ДУТБД: вариант 2, если разворот запрещен, конфликтные точки, шт.:
 пересечения ● — 16; слияния ● — 4; отклонения ○ — 12; всего 32;
 $R_{\text{плmax}} = 9,2$ ед. — ДУТБД: вариант 3, если пешеходного движения нет (т. е. есть подземный или надземный переходы), конфликтные точки, шт.: пересечения ● — 8;
 слияния ● — 8; отклонения ○ — 16; всего 32; $R_{\text{плmax}} = 7,1$ ед. — ПрУТБД: вариант 4,
 если нет ПП, как в варианте 3, и еще нет разворотов для ТП, конфликтные точки, шт.:
 пересечения ● — 8; слияния ● — 4; отклонения ○ — 12; всего 24;
 $R_{\text{плmax}} = 5,8$ ед. — ПрУТБД

ведения на них продолжительных во времени, трудоемких и затратных полевых обследований по действующему регламенту в ГОСТ Р 52289–2004, что особенно актуально для выявления очагов аварийности на нерегулируемых пересечениях дорог, которые подлежат переоборудованию в регулируемые пересечения;

- существенно (до 50 %) снизить смертность в ДТП на одноуровневых регулируемых и нерегулируемых пересечениях дорог, что актуально по целевому ориентиру Стратегии БДД на 2018–2024 гг.

Библиографический список

1. Кравченко П. А., Олещенко Е. М. Системный подход в управлении БДД в Российской Федерации // Транспорт РФ. 2018. № 2 (75). С. 102–106.
2. Кравченко П. А., Плотников А. М., Олещенко Е. М. О цифровых технологиях обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Транспорт РФ. 2018. № 4 (77). С. 12–16.
3. Европейский доклад о состоянии безопасности дорожного движения: за безопасные дороги и более здоровые транспортные альтернативы / под ред. Дэвида Бройера. Копенгаген: Всемирная организация

здравоохранения, Европейское региональное бюро, 2009. 161 с.

4. Плотников А. М. О приложении концепции «нулевой смертности» на дорогах к задачам разработки схем организации движения на регулируемых перекрестках // Транспорт РФ. 2010. № 2 (27). С. 24–27.

5. Плотников А. М. Управление безопасностью дорожного движения на одноуровневых перекрестках. (Теория и практика.) СПб.: Экспертные решения, 2014. 402 с.

6. Плотников А. М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2016. 475 с. URL: <http://dis.spbgasu.ru/specialty/personal/plotnikov-anatoliy-mihaylovich>

7. Плотников А. М. Управление дорожным движением на регулируемых пересечениях в одном уровне // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 1. С. 7–9.

8. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов. М.: Транспорт, 1990. 240 с.

9. Организация дорожного движения в городах / под общ. ред. Ю. Д. Шелкова. М.: Научно-исследовательский центр ГАИ МВД России, 1995. 143 с.

10. Плотников А. М. Диагностическая цифровая оценка безопасности дорожного движения на пере-

сечениях дорог // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 204–209.

11. Плотников А. М. Методология оценки безопасности дорожного движения на регулируемых пересечениях // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 3 (56). С. 227–232.

12. Плотников А. М. О неиспользуемом ресурсе модернизации технологий проектирования регулируемых перекрестков // Безопасность дорожного движения: сб. науч. тр. Вып. 12. М.: ФКУ НИЦ БДД России, 2012. С. 106–113.

13. Плотников А. М. Алгоритмы и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках // Транспорт РФ. 2011. № 5 (36). С. 28–30.

14. Плотников А. М., Григорьева В. С., Андреев А. В. Оценка ресурса безопасности дорожного движения на регулируемых перекрестках с надземными переходами // Транспорт РФ. 2012. № 1 (38). С. 58–61.

15. Кравченко П. А., Плотников А. М. Комбинированное управление движением на многополосных регулируемых перекрестках, минимизирующее уровень дорожной опасности // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 6 (35). С. 139–142.

References

1. Kravchenko P. A., Oleshchenko E. M. *Sistemnyy podkhod v upravlenii BDD v Rossiyskoy Federatsii* [System approach in the management of the BDD in the Russian Federation]. *Transport RF – Transport of the Russian Federation*, 2018, no. 2 (75), pp. 102–106.

2. Kravchenko P. A., Plotnikov A. M., Oleshchenko E. M. *O tsifrovyykh tekhnologiyakh obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii* [About digital technologies of road traffic safety provision in the Russian Federation]. *Transport RF – Transport of the Russian Federation*, 2018, no. 4 (7), pp. 12–16.

3. *Evropeyskiy doklad o sostoyanii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: za bezopasnye dorogi i bolee zdorovye transportnye al'ternativy* [European report on road safety provision: safe roads and better transport alternatives]. Ed. by Dehvid Broyer. Kopenhagen, Vsemirnaya organizatsiya zdavookhraneniya, Evropeyskoye regional'noye byuro Publ., 2009, 161 p.

4. Plotnikov A. M. *O prilozhenii kontseptsii «nulevoy smertnosti» na dorogakh k zadacham razrabotki skhem organizatsii dvizheniya na reguliruemyykh perekrestkakh* [About application of the “zero mortality” concept on the roads to the problems of traffic management schemes development at controlled intersections]. *Transport RF – Transport of the Russian Federation*, 2010, no. 2 (27), pp. 24–27.

5. Plotnikov A. M. *Upravlenie bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya na odnourovnevykh perekrestkakh. (Teoriya i praktika)* [Management of road safety on single-level intersections. (Theory and practice)]. St. Petersburg, 402 p.

6. Plotnikov A. M. *Metodologiya obespecheniya bezopasnosti dvizheniya na reguliruemyykh peresecheniyakh ulichno-dorozhnykh setey megapolisov. Diss. dokt. tekhn. nauk* [The methodology of traffic safety at controlled intersections of the road networks of megacities. Dr. Sci. Tech. diss.]. St. Petersburg, 2016, 475 p. Available at: <http://dis.spbgasu.ru/specialty/personal/plotnikov-anatoliy-mihaylovich>.

7. Plotnikov A. M. *Upravlenie dorozhnym dvizheniem na reguliruemyykh peresecheniyakh v odnom urovne* [Traffic control at signalized one level intersections]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli – Science and technology in the road sector*, 2013, no. 1, pp. 7–9.

8. Lobanov E. M. *Transportnaya planirovka gorodov* [City transport planning]. Moscow, Transport Publ., 1990, 240 p.

9. *Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya v gorodakh* [Traffic organization in cities]. Ed. by Shelkov Yu. D. Moscow, Nauchno-issledovatel'skiy tsentr GAI MVD Rossii Publ., 1995, 143 p.

10. Plotnikov A. M. *Diagnosticeskaya tsifrovaya otsenka bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na peresecheniyakh dorog* [Diagnostic digital assessment of road safety at road intersections]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 4 (69), pp. 204–209.

11. Plotnikov A. M. *Metodologiya otsenki bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na reguliruemyykh peresecheniyakh* [Methodology of assessing the road traffic safety provision at regulated intersections]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 3 (56), pp. 227–232.

12. Plotnikov A. M. *O neispol'zuemom resurse modernizatsii tekhnologiy proektirovaniya reguliruemyykh perekrestkov* [On the unused resource of modernizing the design technologies of controlled crossroads]. *Trudy PKU SIC BJJ «Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya»* [Proc. of PKU SIC BJJ “Road traffic safety”]. FКУ NITs BDD Rossii Publ., 2012, pp. 106–113.

13. Plotnikov A. M. *Algoritmy i tekhnicheskie sredstva povysheniya bezopasnosti dvizheniya na reguliruemyykh perekrestkakh* [Algorithms and technical means of improving traffic safety at controlled intersections]. *Transport RF – Transport of the Russian Federation*, 2011, no. 5 (36), pp. 28–30.

14. Plotnikov A. M., Grigor'eva V. S., Andreev A. V. *Otsenka resursa bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na reguliruemyykh perekrestkakh s nadzemnymi perekhodami* [Road traffic safety assessment at regulated intersections]

with the above-ground crossings]. *Transport RF – Transport of the Russian Federation*, 2012, no. 1 (38), pp. 58–61.

15. Kravchenko P. A., Plotnikov A. M. *Kombinirovannoe upravlenie dvizheniem na mnogopolosnykh reguliruemyykh perekrestkakh, minimiziruyushchee uroven' dorozhnoy*

opasnosti [Combined traffic control at multi-lane controlled intersections minimizing the level of road danger]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2012, no. 6 (35), pp. 139–142.