**УДК 656.11.05**

# Повышение безопасности дорожного движения пешеходов на светофорных объектах

**С. В. Витолин,**
*канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений» Института архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета*

**Пешеходы являются наименее защищенными участниками дорожного движения. При этом светофорные объекты выступают местами сосредоточения интенсивных транспортных и пешеходных потоков в одном уровне. На регулируемых перекрестках возникает много конфликтных точек, и происходит большое количество ДТП. Поэтому актуальной задачей остается разработка методологии их снижения.**

В современном государственном стандарте Российской Федерации по безопасности дорожного движения (ГОСТ Р 70716–2023 «Безопасность движения пешеходов») установлены требования для повышения БДД пешеходов при светофорном регулировании. Так, время ожидания зеленого сигнала светофора для пешеходов составляет 60 с (при интенсивности дорожного движения не более 700 ед./ч на полосу) и 90 с (более 700 ед./ч). Также в ГОСТе установлено, что зеленый сигнал для пешеходов должен включаться на 5–10 с (длительность бесконфликтного периода) раньше разрешающего сигнала для поворачивающих автомобилей.

Основные принципы организации дорожного движения на светофорных объектах в России освещены в **[1]** и более ранних работах этих авторов. Однако с ростом уровня автомобилизации представленные в этой работе методы для проектирования светофорных объектов стали недостаточными. Это касается вопросов как качества дорожного движения (образование протяженных очередей из-за перегрузок улично-дорожных сетей, длительные задержки, многократные остановки перед светофорными объектами), так и безопасности (многие регулируемые перекрестки являются местами концентрации ДТП).

Актуальные методы проектирования светофорных объектов и оценки качества дорожного движения на регулируемых перекрестках в России представлены в **[2, 3]**. Вопросы БДД на регулируемых перекрестках России и Белоруссии рассматриваются в работах **[4–6]**.

Аудит безопасности дорожного движения **[7, 8]** также включает в себя методы повышения БДД на светофорных объектах. В **[9]** предлагаются основы методологии управления транспортными потоками на улично-дорожной сети крупного города при светофорном регулировании. За рубежом проблеме БДД пешеходов на регулируемых перекрестках тоже уделяется большое внимание **[10–16]**. При этом показатели аварийности в европейских странах ниже, чем в России. Так, например, на основе анализа аварийности с пешеходами в г. Кельн (ФРГ, около 1 млн жителей) с 2005 до 2011 гг. установлено, что на нерегулируемом пешеходном переходе каждые 20 лет происходит ДТП, а на регулируемом (со светофорами) — каждые 12,5 лет **[17]**. То есть нерегулируемый пешеходный переход по количеству ДТП в Кельне является более безопасным местом, чем регулируемый.

Скорость движения транспортных средств является одной из основных причин тяжести последствий ДТП **[18]**.

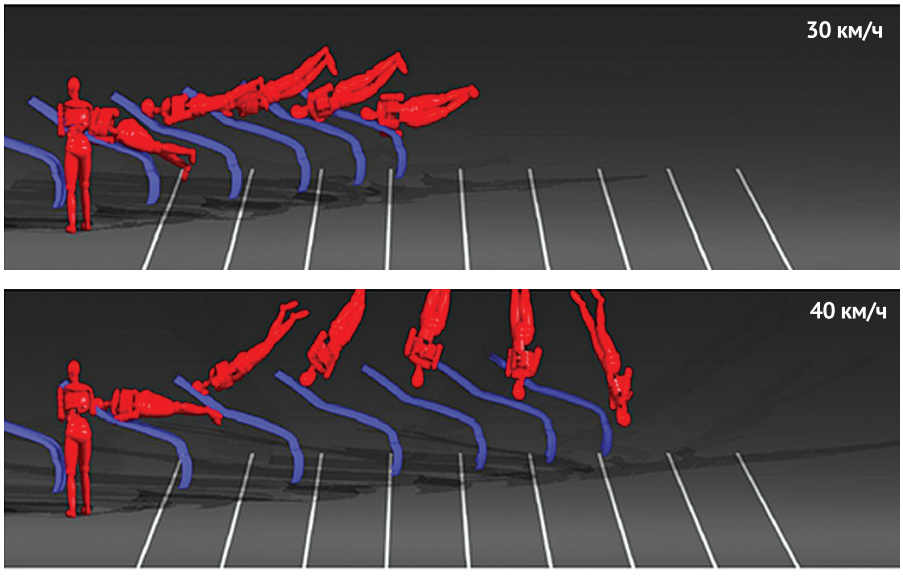


**Рис. 1. Сравнение траектории полета пешехода при столкновении с автомобилем при скорости 30 и 40 км/ч**

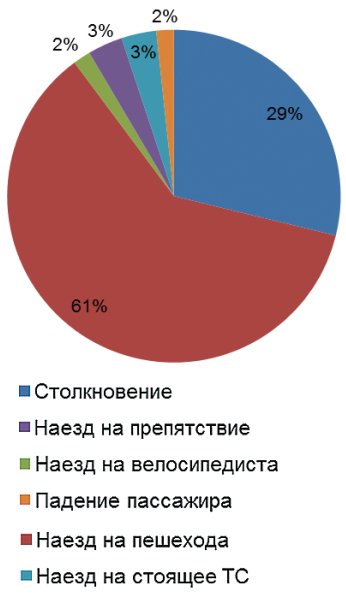


**Рис. 2. Доля ДТП с погибшими на светофорных объектах в Волгограде с 2017 по 2023 гг.**

Так, при столкновении с автомобилем на 40 км/ч пешеход переворачивается кверху ногами (*рис. 1*).

Вместе с тем нужно учесть, что если в Германии стандартная разрешенная скорость в населенных пунктах составляет 50 км/ч, то в российских городах — 60 км/ч. При столкновении на такой высокой скорости у пешехода практически нет шансов выжить **[19]**.

Статистика ДТП с погибшими на светофорных объектах в Волгограде с 2017 по 2023 гг. говорит о том, что наезд на пешеходов является главной причиной гибели при светофорном регулировании в городе (*рис. 2*). При этом в межпиковые периоды погибло больше пешеходов, чем в пиковые периоды транспортной нагрузки (*рис. 3*).

Этот факт можно использовать для уменьшения времени ожидания пешеходов перед переходами за счет сокращения цикла регулирования и длительностей разрешающего сигнала транспортных направлений для этих периодов, что не должно приводить к недостаточной пропускной способности регулируемых перекрестков.

В рамках диссертационного исследования **[20]** проведены наблюдения на регулируемых перекрестках в Германии и России и экспертный опрос. Безопасность дорожного движения названа главным потребительским свойством регулируемого перекрестка. При этом основным потребительским свойством БДД являются условия видимости (*рис. 4*).

Фактически измеренная средняя скорость при поворотах налево может быть

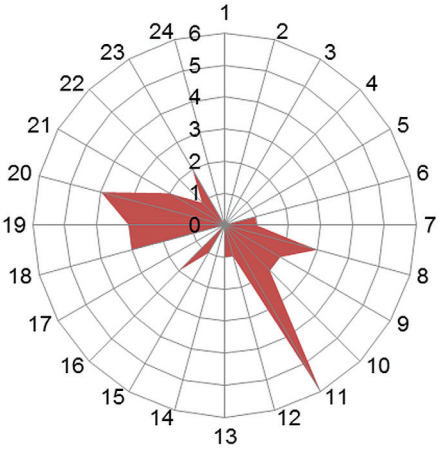


**Рис. 3. Время ДТП с погибшими пешеходами на светофорных объектах в Волгограде с 2017 по 2023 гг.**

как выше, так и ниже значений российских рекомендаций 25 км/ч для расчета промежуточных тактов цикла регулирования. В ФРГ расчетная скорость транспортных средств при повороте налево зависит от радиуса поворота: 18 км/ч при радиусе менее 10 м и 25 км/ч — более. Чем меньше скорость поворачивающих налево автомобилей и крупнее регулируемый перекресток, тем больше времени требуется для проезда автомобилем дальних конфликтных точек. Если времени недостаточно, высока вероятность дорожно-транспортного происшествия.

Предлагается классификация факторов, влияющих на видимость на регулируемых перекрестках (*рис. 9*). Она выполнена на основе **[21]** и проведенного исследования.

Предлагается следующая методология повышения безопасности дорожного движения пешеходов на светофорных объектах, основывающаяся на существующих методах, методах аудита безопасности дорожного движения, а также проведенного исследования **[19–22]**:

- анализ аварийности и тяжести последствий;
- изменение числа фаз регулирования;
- изменение длительности промежуточных тактов;
- улучшение условий видимости и обустройства;
- снижение скорости транспорта;
- изменение геометрии;
- сокращение доли крупногабаритного транспорта;
- применение бортовых систем в автомобилях и взаимодействие их между собой и с окружающей инфраструктурой;
- обучение тому, что зеленый свет для пешехода неабсолютная гарантия безопасного перехода проезжей части.

Чем больше конфликтная зона между пересекающимися потоками, тем опаснее. За рубежом **[23]** рассматриваются варианты устройства нескольких островков безопасности на протяженных пешеходных переходах (*рис. 10*). Чтобы повысить внимательность пешеходов, применяют надписи и символы в виде разметки на проезжей части (*рис. 11*). В России, например, можно было бы написать «Смотри» и нарисовать стрелку.

Чем больше скорость поворачивающих автомобилей с конфликтом, тем выше риски ДТП. Поэтому возможным решением для повышения безопасности дорожного движения на поворотах является уменьшение радиусов кривых закруглений на примыканиях (*рис. 12*). Тем самым, кроме сокращения скорости поворота, уменьшается длина пешеходного перехода, улучшается видимость.

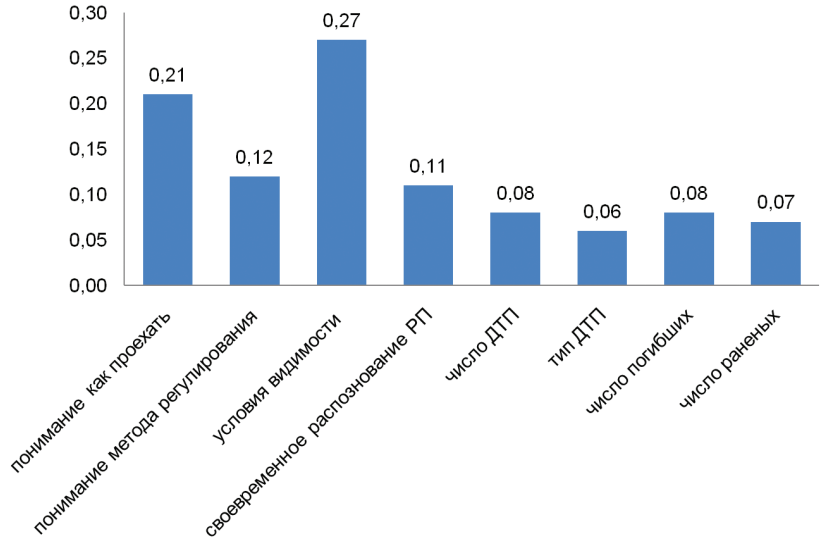


**Рис. 4. Значимость показателей безопасности дорожного движения на регулируемых перекрестках**

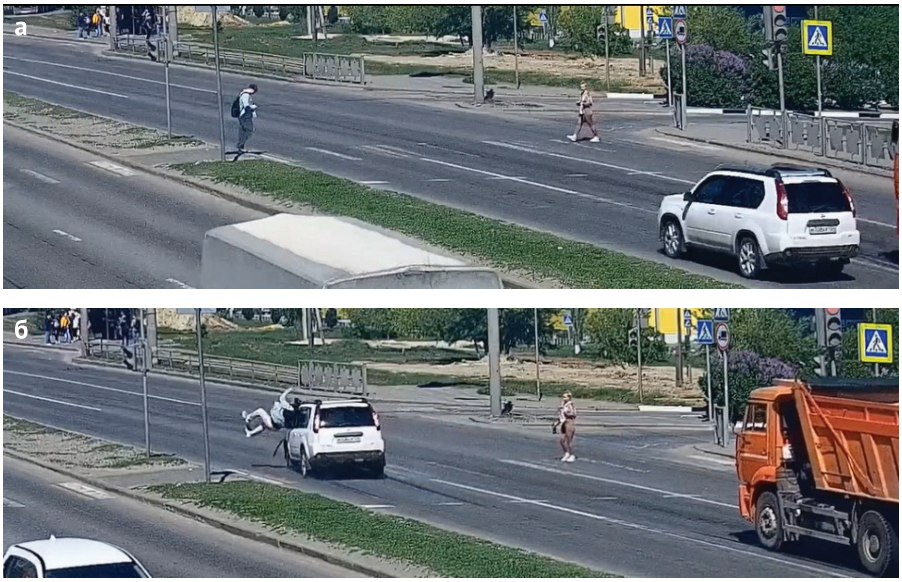


**Рис. 5. Проезд автомобиля на красный сигнал с наездом на пешехода: а – перед ДТП (пешеход смотрит в телефон); б – после ДТП**

Чтобы снизить количество конфликтных точек на регулируемом перекрестке, один из пешеходных переходов могут убрать. Однако это может приводить к тому, что пешеходы в нарушение правил дорожного движения будут переходить не по пешеходному переходу, а так, как им удобно (*рис. 13*). Многократные переходы по убранной «зебре» свидетельствуют о том, что ликвидированный пешеходный переход здесь нужен. Со светофорами можно устанавливать дорожные зеркала для повышения видимости на поворотах (*рис. 14*).

Повышать уровень безопасности дорожного движения, в том числе и на регулируемых перекрестках, возможно также посредством применения современных бортовых систем в автомобилях и средств коммуникации в дорожной инфраструктуре (*рис. 15*).

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

• Желателен удобный для пешеходов режим работы без избыточного завышения времени ожидания хотя бы в межпиковые периоды.

• Чем короче пешеходный переход, тем он безопаснее. Желательным является устройство на протяженных переходах конструктивных островков.

• Необходимо обучение пешеходов тому, что зеленый сигнал светофора не является полной гарантией безопасного перехода проезжей части. Необходимо убедиться в безопасности перехода.

• Необходимо возвращать удаленные пешеходные переходы, если эти места часто используются пешеходами в нарушение правил дорожного движения.

**Рис. 6. Проезд автомобиля при повороте с конфликтом с наездом на пешехода: а – перед ДТП (группа пешеходов одного направления прикрыла подходящего пешехода встречного направления); б – после ДТП**

**Рис. 7. Пешеход переходит на запрещающий сигнал светофора по отмененному пешеходному переходу: а – перед ДТП; б – после ДТП**

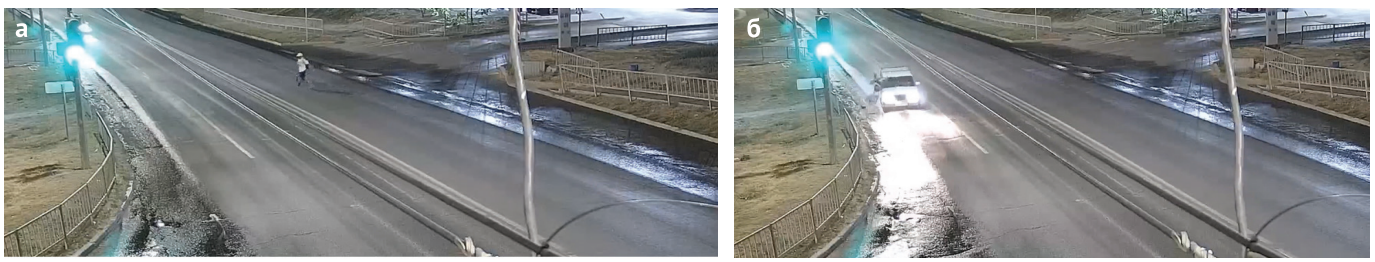


**Рис. 8. Пешеход переходит не по пешеходному переходу: а – перед ДТП; б – после ДТП**

**Таблица 1. Ул. Мира — ул. Оломоуцкая**

| *R* = 23 м | | | |
|---|---|---|---|
| Процентная обеспеченность | 15 | 50 | 85 |
| Скорость легковых, км/ч | 20,0 | 21,4 | 25,5 |
| Скорость грузовых, км/ч | 18,2 | 20,4 | 21,7 |

**Таблица 2. Ул. Карбышева — ул. Оломоуцкая**

| *R* = 36 м | | | |
|---|---|---|---|
| Процентная обеспеченность | 15 | 50 | 85 |
| Скорость легковых, км/ч | 21,1 | 24,0 | 27,8 |
| Скорость грузовых, км/ч | 16,3 | 19,2 | 21,9 |

**Таблица 3. Ул. Мясникова — ул. Николая Отрады**

| *R* = 40 м | | | |
|---|---|---|---|
| Процентная обеспеченность | 15 | 50 | 85 |
| Скорость легковых, км/ч | 24,6 | 26,4 | 27,9 |
| Скорость грузовых, км/ч | 19,2 | 21,0 | 24,2 |

**Рис. 9. Факторы, влияющие на видимость на регулируемых перекрестках**

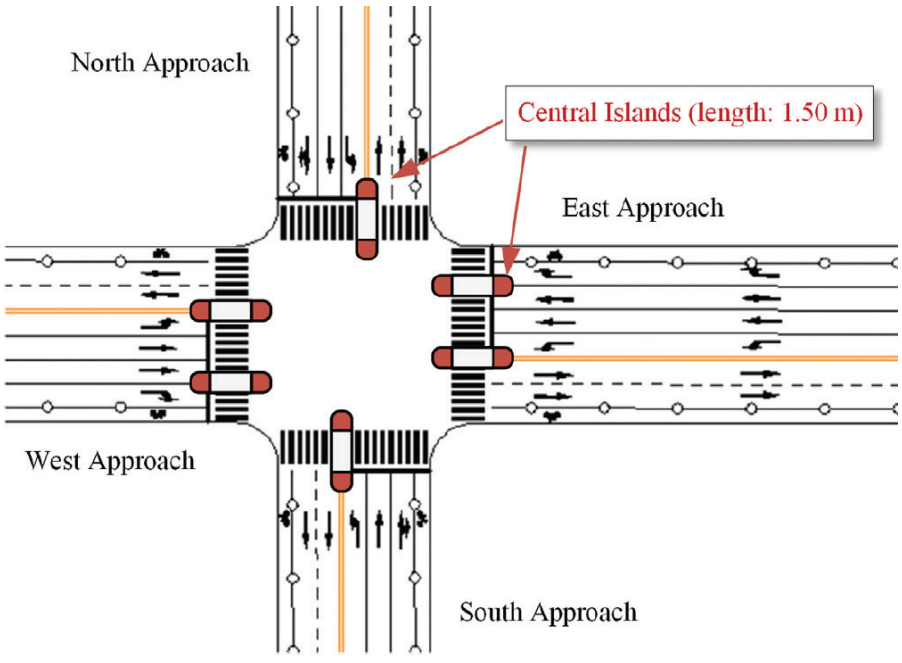


**Рис. 10. Пример схемы пересечения, адаптированной к швейцарским нормам**

**Рис. 11. Напоминание на проезжей части о необходимости убедиться в безопасности пешеходного перехода**

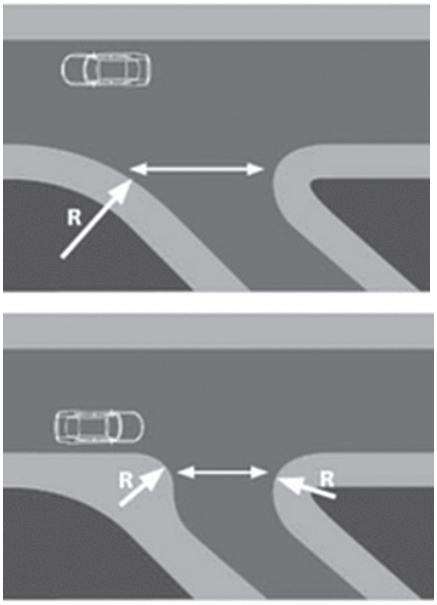


**Рис. 12. Уменьшение радиусов поворота для повышения БДД на примыкании**

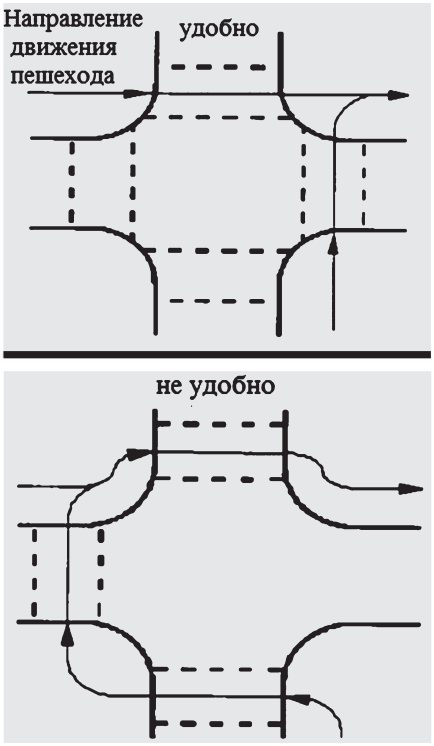


**Рис. 13. Провоцирующая нарушение ПДД организация пешеходных переходов**

**Рис. 14. Применение дорожного зеркала на светофорном объекте**

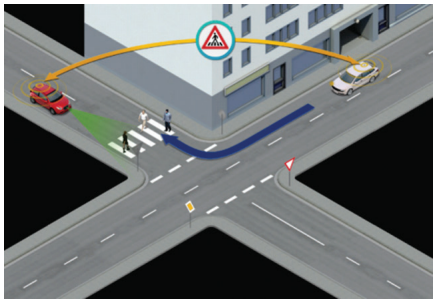

**Рис. 15. Применение бортовых систем автомобилей для повышения видимости с помощью взаимодействия между автомобилями**

• Полезно контрастное интенсивное освещение не только на пешеходных переходах, но и на перекрестках или примыканиях, в местах частых переходов.

• Следует удалять препятствия, ограничивающие видимость на пешеходных переходах. Это включает замену больших дорожных знаков, групп знаков (например, объезд препятствия) на небольшие знаки или низкие дорожные тумбы со знаком.

Предлагая методологию повышения безопасности дорожного движения пешеходов на светофорных объектах, планируется проводить дальнейшие исследования влияния поворотов налево и длительности промежуточных тактов в цикле регулирования на качество и безопасность дорожного движения на регулируемых перекрестках.

**Источники**


1. Кременец Ю. А., Печерский М. П., Афанасьев М. Б. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. 279 с.
2. Левашев А. Г., Михайлов А. Ю., Головных И. М. Проектирование регулируемых пересечений. Иркутск: Изд-во Иркутского государственного технического университета, 2007. 208 с.
3. Девятов М., Кюхлер Р., Девятов В., Витолин С. Основы теории транспортных потоков, организации и управления дорожным движением в России и Германии: учебное пособие на русском и немецком языках. Волгоград: Изд.-во Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. 498 с.
4. Плотников А. М. Алгоритмы и технические средства повышения безопасности движения на регулируемых перекрестках // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 5 (36). С. 28–30.
5. Капский Д. В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности: автореф. дис. … д-ра техн. наук. Минск, 2013. 48 с.
6. Михайлов А. Ю., Шестеров Е. А. Условия эффективного применения выделенных пешеходных фаз // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 4(87). С. 134–142.
7. Руководство ЦАРЭС № 1 по инженерному обеспечению безопасности дорожного движения «Аудит безопасности дорожного движения». URL: https://www.carecprogram.org/uploads/CAREC–Manual-1_RSA_English-ru.pdf (дата обращения: 10.01.2025).
8. ОДМ 218.6.027–2017 «Рекомендации по проведению аудита безопасности дорожного движения при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог». М.: Федеральное дорожное агентство «Росавтодор», 2020. 89 с.
9. Витолин С. В. Основы методологии управления транспортными потоками на улично-дорожной сети крупного города при светофорном регулировании // Мир транспорта. 2020. № 4. С. 148–155.
10. Bonneson J., Pratt M., Songchitruksa P. Development of guidelines for pedestrian safety treatments at signalized intersections. Texas Transportation Institute, 2012. 126 p.
11. Pei-Sung Lin, Achilleas Kourtellis, Zhenyu Wang et al. Understanding Interactions between Drivers and Pedestrian Features at Signalized Intersections. Center for Urban Transportation Research and Florida Department of Transportation, 2015. 20 p.
12. Stipancic J., Miranda-Moreno L., Strauss J., Labbe A. Pedestrian safety at signalized intersections: Modelling spatial effects of exposure, geometry and signalization on a large urban network // Accident Analysis and Prevention. 2020. № 134. № 105265. 11 p.
13. Marisamynathan S., Vedagiri P. Pedestrian safety evaluation of signalized intersections using surrogate safety measures // Transport. 2020 Vol. 35. Iss. 1. Pp. 48–56.
14. Wall R. W., Bauer D. H. Improving pedestrian safety at signalized intersections. National Institute for Advanced Transportation Technology University of Idaho, 2012. 24 p.
15. Nassereddine H. Use of Traffic Conflicts to Estimate Vehicle-Pedestrian Safety at Signalized Intersections: a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. University of Wisconsin-Madison, 2022. 145 p.
16. Khalak A. A., Hussen M., Ahmed S., Pandya T. Pedestrian Safety at Signalized Intersections in Developing Countries: A Critical Appraisal // International Journal of Research Publication and Reviews. 2024. Vol. 5. № 2. Pp. 454–457.
17. Clauss E. AGFS-Kongress 2019 «Zebrastreifen oder Ampel». Stadt Koln Amt Strassen und Verkehrsentwicklung. URL: https://www.agfs-nrw.de/fileadmin/Events-Kampagnen/AGFS-Kongress/2019/AGFS-Kongress_2019_Zebrastreifen_Clauss.pdf (дата обращения: 10.01.2025).
18. Siegrist S. Mehr Verkehrssicherheit in unseren Städten: Der Faktor Geschwindigkeit. Städtekonferenz «Wie der Stadtverkehr sicherer wird». URL: https://skm-cvm.ch/cmsfiles/4_siegrist_bfu_d_1.pdf (дата обращения: 10.01.2025).
19. Витолин С. В., Федорова В. С., Колосков Р. С. и др. Влияние скорости автомобилей на безопасность дорожного движения в городе // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2023. № 2 (65). С. 5–12.
20. Витолин С. В. Совершенствование транспортных потребительских свойств изолированных регулируемых перекрестков улично-дорожной сети города: дис. … канд. техн. наук. Волгоград, 2014. 169 с.
21. Витолин С. В. Влияние условий видимости на безопасность дорожного движения при светофорном регулировании // Дороги и мосты. 2020. № 43 (1). С. 151–160.
22. Витолин С. В. Светофорное регулирование и безопасность дорожного движения // Дороги и мосты. 2019. № 41/1. С. 138–150.
23. Tang K., Boltze M., Nakamura H., Tian Z. Global Practices on Road Traffic Signal Control, Fixed-Time Control at Isolated Intersections. 2019. 325 p.