

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2023, Том 10, № 3 / 2023, Vol. 10, Iss. 3 <https://t-s.today/issue-3-2023.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/09SATS323.pdf>

DOI: 10.15862/09SATS323 (<https://doi.org/10.15862/09SATS323>)

2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки)

Повышение безопасности пешеходных переходов на основе оценки степени их освещенности в Центральном районе г. Чита

Свалова К.В.

ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита, Россия

Автор, ответственный за переписку: Свалова Кристина Витальевна, e-mail: kristi24091990s@yandex.ru

Аннотация. Статистика по ДТП доказывает, что основным видом дорожно-транспортных происшествий в России является наезд на пешехода, аналогичная ситуация и на территории Забайкальского края (44,9 %). В темное время суток резко повышается опасность движения. Несмотря на то, что интенсивность движения в этот период в 5–10 раз ниже, чем в светлое время, доля ДТП составляет 40–60 % их общего числа. Поэтому оценка степени освещения на нерегулируемых пешеходных переходах для последующей разработки рекомендаций по повышению их безопасности является актуальной проблемой на сегодняшний день. Впервые проведены объемные инструментальные исследования по измерению уровня освещения разных типов наружных осветительных приборов на пешеходных переходах Центрального района города Читы. Исследованию подлежали пять улиц и магистралей Центрального района г. Чита (ул. Ленина, ул. Ленинградская, ул. Бутина, ул. Чкалова, ул. Бабушкина). Измерения проведены на 75 перекрестках, осуществлены замеры степени

освещенности в 450 точках. Измерения проводились на протяжении 3 месяцев 2022 года. Результаты экспериментальных исследований по измерению степени освещенности в ночное время на городских улицах усреднены и представлены в табличном виде. Приведено сравнение полученных экспериментальных данных с нормативными значениями по ГОСТ Р 55706-2013. Составлен рейтинг улиц с разделением неопасные с полученным значением свыше 20 лк, малоопасные полученным значением от 10 до 20 лк, опасные с полученным значением более 20 лк. Построена карта уровня освещенности улично-дорожной сети центрального района города Читы. Даны рекомендации по повышению безопасности пешеходных переходов для жителей города Читы.

Ключевые слова: безопасность пешеходных переходов; инструментальные измерения; степень освещенности; городские улицы и магистрали; пьезоэлементы; искусственная неровность; мониторинг освещенности города

Improving the safety of pedestrian crossings based on the illumination degree assessment in the Central district of Chita city

Kristina V. Svalova

Zabaikalsky State University, Chita, Russia

Corresponding author: Kristina V. Svalova, e-mail: kristi24091990s@yandex.ru

Abstract. The road accidents statistics proves that the main road accidents type in Russia is a collision with a pedestrian, the situation is similar in the Transbaikalian Territory (44.9 %). In the darkness hours sharply increases the road traffic danger. Despite the fact that the intensity of traffic during this period is 5–10 times lower than in daylight hours, the road accidents share is 40–60 % of their total number. Therefore, the illumination degree assessment at unregulated pedestrian crossings for the subsequent recommendations development to improve its safety is an urgent problem today. For the first time we have conducted extensive instrumental research to measure the illumination level of different outdoor lighting devices types at pedestrian crossings in the Central District of the Chita city. Five streets and highways of the Chita's Central District (Lenina St., Leningradskaya St., Butina St., Chkalova St., Babushkina St.) were studied. Measurements were carried out at 75 intersections and 450 points of illumination were

measured. Measurements were carried out during 3 months of 2022. The experimental studies results on measuring the illumination degree at night on city streets are averaged and presented in tabular form. Obtained experimental data comparison with the normative values according to GOST R 55706-2013 is given. The rating of streets with division for non-dangerous with the received value over 20 lux, low-dangerous with the received value from 10 to 20 lux, dangerous with the received value more than 20 lux is made. The illumination level map of the street-road network of the central district of Chita city is constructed. Recommendations on improvement of pedestrian crossings safety for inhabitants of Chita city are given.

Keywords: pedestrian crossings safety; instrumental measurements; illumination level; city streets and highways; piezoelectric element; road hump; city illumination monitoring

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons “Attribution” 4.0 Global License



Введение

Introduction

В России проблема безопасности пешеходов на дорогах стоит очень остро. Согласно данным статистики ежегодно совершается около 60 тысяч наездов на пешеходов, что составляет каждое третье дорожно-транспортное происшествие (ДТП). Вышеуказанные данные превышают статистические данные стран Европы в 3–4 раза [1; 2].

Среди многих причин наездов на пешеходов можно выделить две основные:

- Несоблюдение правил дорожного движения, как со стороны водителя, так и со стороны пешехода, их психофизиологические факторы [3]. Так в 2021 году девять из десяти (88,7 %) ДТП произошли из-за нарушения правил дорожного движения водителями ТС. Всего совершено 85 463 таких ДТП, в которых погибли 9 020 и ранены 111 533 человека. Почти каждое десятое (9,6 %) ДТП связано с нарушением ПДД пешеходом. Всего произошло 9 276 ДТП, в которых погибли 1 623 и ранен 8 001 человек [4].

- Неудовлетворительное состояние пешеходного перехода и его оборудования, погодные условия [5]. Недостатки эксплуатационного состояния и обустройства улично-дорожной сети и железнодорожных переездов зафиксированы на местах 34 691 ДТП, что составило треть (36 %) от общего числа зарегистрированных происшествий. В данных происшествиях в 2021 году погибли 3 378 и ранены 43 668 человек [6]. Наиболее часто фиксировались: отсутствие или плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части (удельный вес от всех ДТП с неудовлетворительными дорожными условиями 53,3 %), отсутствие дорожных знаков в необходимых местах (19,2 %), неправильное применение или плохая видимость дорожных знаков (11,4 %), недостатки зимнего содержания (17,6 %), отсутствие тротуаров / пешеходных дорожек в необходимых местах (6,7 %), отсутствие стационарного электрического освещения в необходимых местах (5,5 %) (рис. 1) [7].

Существуют также объективные и субъективные причины, по которым произошло дорожно-транспортное происшествие.

Субъективные причины: несоблюдение Правил дорожного движения и правил безопасности движения, эксплуатации транспортных средств. Объективные причины: ошибки при проектировании и планировке улично-дорожной сети; недостаточная освещенность проезжей части, обочин, пешеходных переходов или ее отсутствие в темное время суток; неудовлетворительное состояние дорожной одежды,

плохая видимость или неразличимость дорожных знаков и горизонтальной разметки, а также техническая неисправность автотранспортных средств.

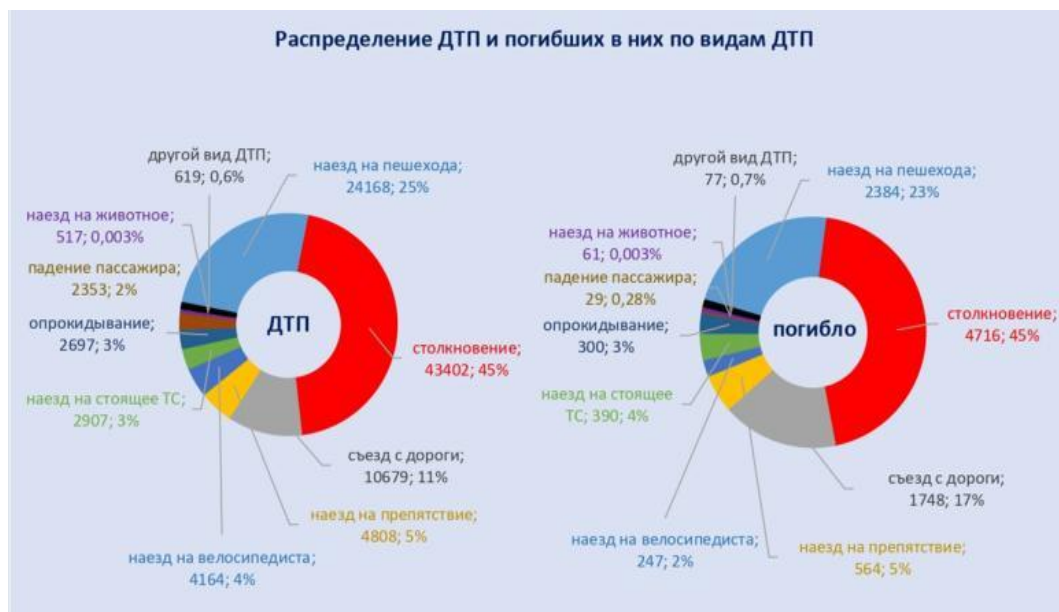


Рисунок 1. Распределение ДТП по видам (составлено авторами)

Figure 1. Road accidents distribution by type (compiled by the authors)

Следует отметить, что при расследовании ДТП очень сложно выявить какой-либо один фактор, повлиявший на исход возникшей ситуации. Как правило, ДТП — это результат неблагоприятного сочетания многих факторов, которые тесно взаимосвязаны.

Очень часто основную причину совершения ДТП выбирают формализовано, она чаще всего связана с некорректными действиями водителей транспортных средств, это, например, вождение в нетрезвом виде, превышение скорости в опасных условиях, выезд на встречную полосу движения, несоблюдение дистанции, сон за рулем, переутомление водителя, малый стаж вождения, физические недостатки.

Если в качестве основной причины рассматриваются факторы, имеющие отношение к технической характеристике транспортных средств, то это чаще всего неисправность тормозной системы, неисправность рулевого управления, неисправные световые приборы, недостаточная высота протектора шин и т. д.

Причины и факторы, связанные с дорогой, выделяют всех реже, но они могут существенно оказывать влияние на дорожную безопасность, особенно это касается воздействия климатических факторов (гололедица, снег, туман, дождь и т. д.), реже это несоответствие дорожного покрытия требованиям ГОСТа, несоблюдение безопасных параметров профилей дороги, ямы, выбоины, стертая разметка и т. д.

Однако исследования показывают, что недостаточная видимость на дороге, в том числе при отсутствии освещения в темное время суток на переходах существенно влияет на безопасность пешеходов (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

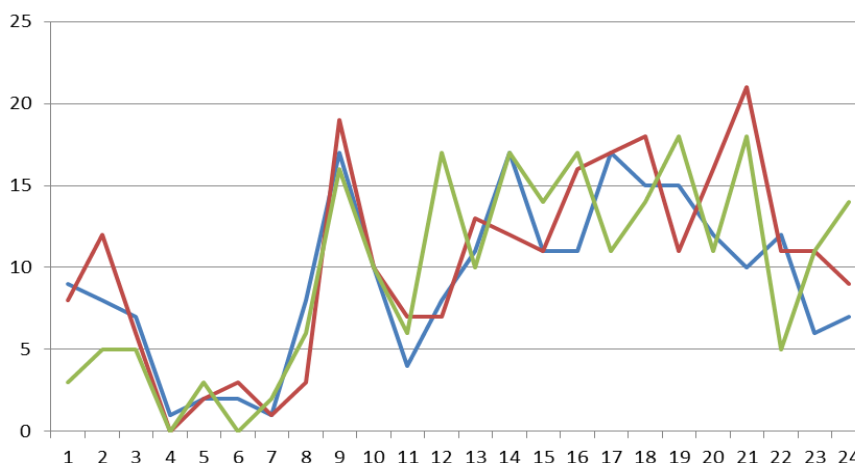
Участки с повышенным риском ДТП
Areas with increased risk of road accidents

Характерные участки Characteristic sections	Доля участков с повышенным риском ДТП, % Share of sections with increased road accidents risk, %		
	На федеральных дорогах (2002 г.) On federal roads (2002)	По данным В.Ф. Бабкова (1993 г.) According to V.F. Babkov (1993)	По данным В.В. Сильянова (1989 г.) According to V.V. Silyanov (1989)
Населенные пункты Populated place	17–25	—	20–30
Пересечения и примыкания в одном уровне Intersections and junctions at the same level	8–25	10–40	10–30
Кривые в плане малого радиуса Curves of minor radius	14–16	10–12	—
Узкая проезжая часть Narrow carriageway	9–12	—	3
Крутые подъемы и спуски Heavy gradients and steep descents	12–16	7–25	7–25
Участки с неудовлетворительной ровностью Sections with unsatisfactory smoothness	11–19	13–18	—
Участки с неудовлетворительными сцепными качествами Sections with unsatisfactory adhesion characteristics	19–30	—	30–70 (в зависимости от периода года) 30–70 (depending on the season)
Участки с ограниченной видимостью Areas with limited visibility	22–31	—	—

Составлено автором / Compiled by the author

По данным Управления ГИБДД по Забайкальскому краю с 2020 по 2022 г. по городу Чите в темное время суток (с 21 ч. до 06 ч.) произошло 132 ДТП, относящиеся к категории «наезд на пешехода», что составляет 23 % от общего количества наездов на пешеходов. При этом погибло 41 человек, и получили ранения различной степени тяжести 129 человек [8; 9].

Исследованию проблемы освещенности пешеходных переходов посвящено много работ [10–19]. Однако следует отметить, что в г. Чита объемных инструментальных исследований по измерению уровня освещения разных типов наружных осветительных приборов не проводилось. Составление карты освещенности и наглядное представление результатов исследования способствовало бы развитию тенденции к снижению аварийности благодаря более грамотному планированию работ по содержанию и ремонту автомобильных дорог.



Зеленая линия — 2020 год; синяя линия — 2021 год; красная линия — 2022 год

Green line — 2020, blue line — 2021; red line — 2022

Рисунок 2. Наезды на пешеходов по времени суток в г. Чита, 2020–2022 гг. (составлено авторами)

Figure 2. Pedestrian collisions by time of day in Chita, 2020–2022 (compiled by the authors)

Целью исследования является оценка степени освещения на нерегулируемых пешеходных переходах для последующей разработки рекомендаций по повышению их безопасности. Объект исследования — пешеходные переходы жилых улиц и магистралей Центрального района г. Чита.

Задачами исследования является:

1. Экспериментальным путем определить степень освещения разных типов утилитарного наружного освещения на пешеходных переходах Центрального района города Читы.
2. Дать оценку полученных результатов, составить карту освещенности нерегулируемых пешеходных переходов.
3. Дать оценку полученных результатов, разработать рекомендации по снижению уровней аварийности на пешеходных переходах.

Методы

Methods

Натурные измерения унитарного наружного освещения проводились в соответствии с методикой, регламентированной ГОСТ Р 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы». Согласно документу, уровень освещенности на дорожном покрытии перехода должен быть не менее 20 лк. Для измерения использовался прибор — портативный люксметр марки АРГУС-01. На каждом нерегулируемом пешеходном переходе измеряли по три точки (справа, слева и посередине).

Исследовались пять улиц и магистралей Центрального района г. Чита (ул. Ленина, ул. Ленинградская, ул. Бутина, ул. Чкалова, ул. Бабушкина). Режим измерения ручной, значение каждой точки определялось по 5 раз с последующим усреднением данных. Исследования проводились при хорошей погоде, при отсутствии осадков и тумана, при скорости ветра не более 5 м/с, температуре воздуха от 10⁰С до 15⁰С, с июля по сентябрь 2022 года, в ночное время, с 21.00 до 06.00, и при условии, что поверхность проезжей части улиц является чистой и сухой. Фотометрическую головку люксметра располагали непосредственно в точках измерений на поверхности покрытия проезжей части дороги или пешеходной зоны так, чтобы плоскость приемной поверхности была параллельна плоскости покрытия (рис. 3).



Рисунок 3. Измерение уровня освещения пешеходных переходов, оборудованных прожекторами по улице Бутина и ул. Ленинградская г. Чита (фото автора)

Figure 3. Measuring the illumination level of pedestrian crossings equipped with floodlights on Butina Street and Leningradskaya Street, Chita (photo by the author)

Результаты

Results

В процессе экспериментов всего исследовано 75 перекрестков, произведены замеры в 450 точках. Результаты инструментальных измерений представлены в таблице 2, рисунке 4.

Таблица 2 / Table 2

Результаты инструментальных измерений

Results of instrumental measurements

Название улицы Street name	Количество точек измерения при значениях люксметра: Number of measurement points at luxmeter values:			Всего точек Total points
	меньше 10 лк less than 10 lux	10–20 лк 10–20 lux	больше 20 лк more than 20 lux	
ул. Бабушкина St. Babushkina	16	19	13	48
ул. Ленина Babushkina str. Lenina	56	46	30	132
ул. Ленинградская Lenin str. Leningradskaya	54	19	23	96
ул. Бутина Leningradskaya str. Butina	22	30	23	75
ул. Чкалова Butina str. Chkalova	35	35	29	99
Суммарно Total	183	149	118	450

Составлено авторами / Compiled by the authors

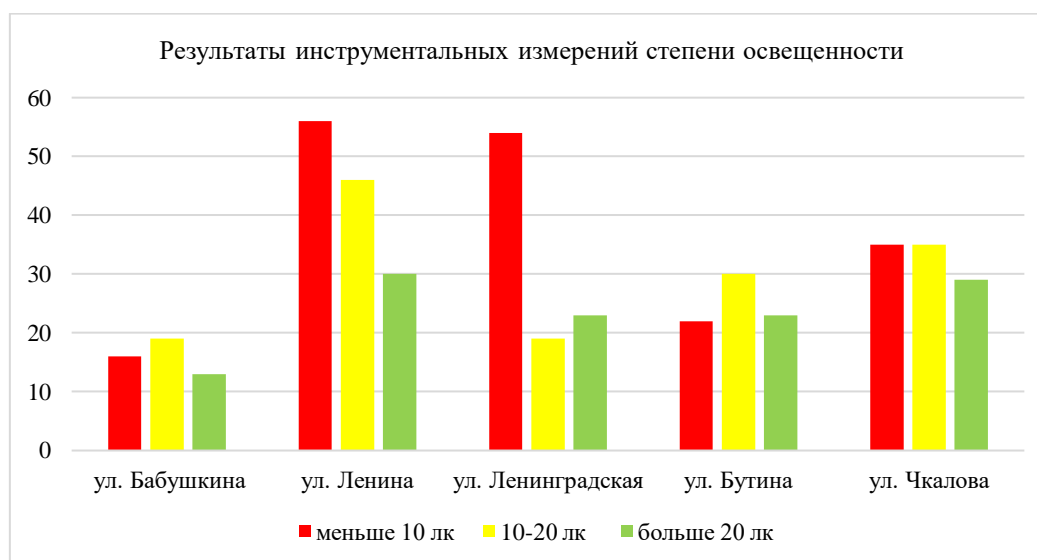


Рисунок 4. Диаграмма результатов измерения пешеходных переходов по степени освещенности (составлено авторами)

Figure 4. Diagram of the measuring pedestrian crossings results by illumination degree (compiled by the authors)

Исследования показали, что 41 % измеренных точек относятся к опасным (красный цвет) с полученным значением менее 10 лк, пики зафиксированы по ул. Ленина (42 % от общего числа точек) и по ул. Ленинградская (56 % от общего числа точек), 33 % измеренных точек относятся к малоопасным (желтый цвет), пики зафиксированы по ул. Бутина и ул. Бабушкина (40 % от общего числа точек), 26 % измеренных точек относятся к неопасным (зеленый цвет) с полученным значением более 20 лк (рис. 5).

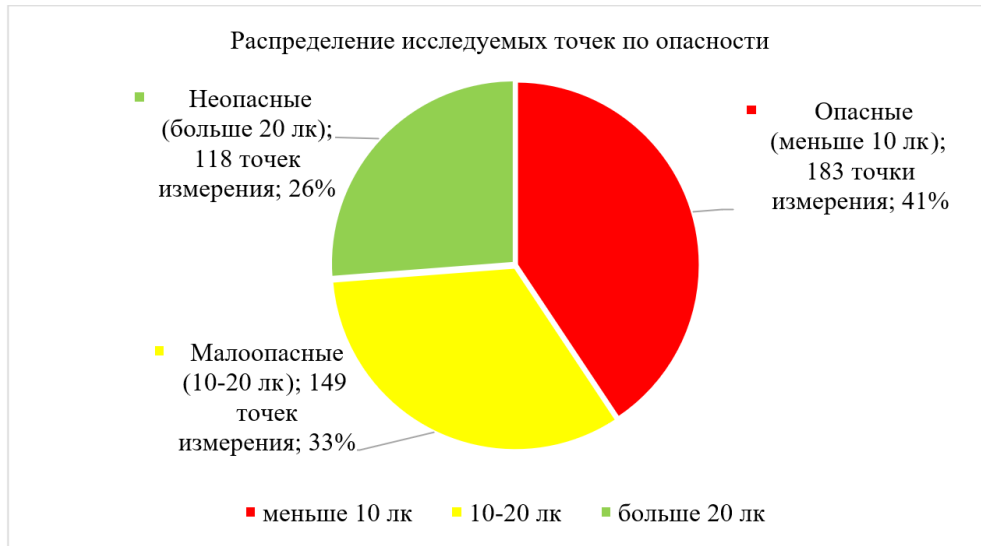
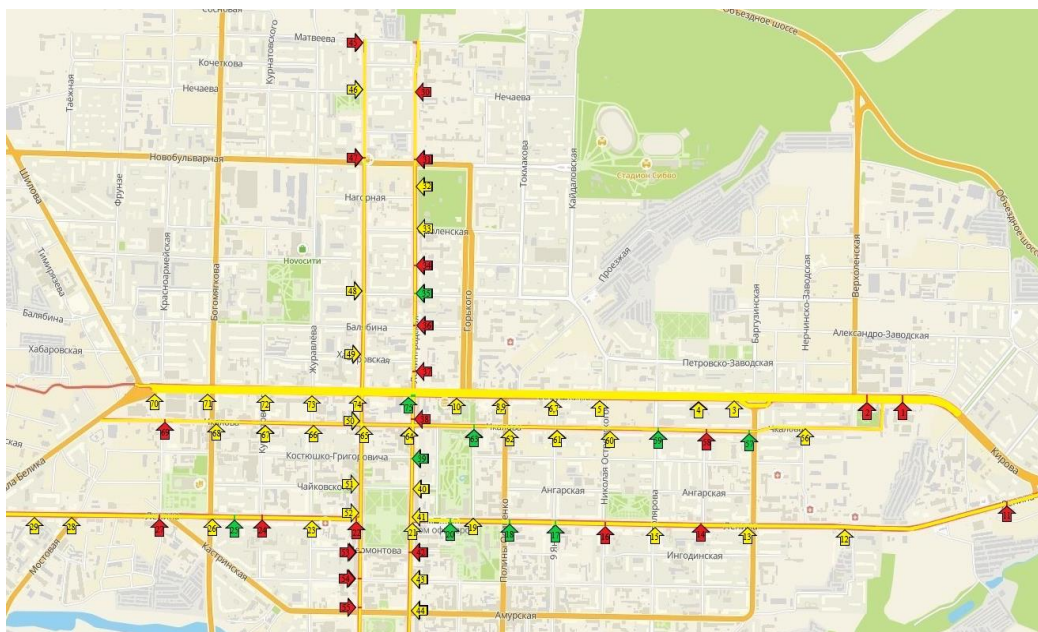


Рисунок 4. Диаграмма распределения исследуемых точек по опасности (составлено авторами)

Figure 4. Diagram of surveyed points distribution by hazard (compiled by the authors)

Однако в случае статистической обработки и усреднения полученных экспериментальных данных получаем следующие значения: 46 перекрестков относится к малоопасным, 10 перекрестков к опасным, и 22 перекрестка к неопасным. Наглядно эту картину показывает построенная карта освещенности наиболее загруженных улиц Центрального района г. Читы (рис. 5).



Желтая стрелка — 10–20 лк; красная стрелка — более 20 лк; зеленая стрелка — менее 10 лк
Yellow arrow — 10–20 lux; red arrow — more than 20 lux; green arrow — less than 10 lux

Рисунок 5. Карта освещенности Центрального района г. Читы (составлена автором)

Figure 5. Illumination map of the Chita's Central District (compiled by the author)

Произведена статистическая обработка результатов экспериментальных данных. Все модели прошли проверку, размер относительной ошибки не превышает 5 %, что говорит о 95 % значимости полученных результатов. Каждый параметр значим.

Причем следует уточнить, что на исследуемых перекрестках установлены разные типы осветительных приборов: стационарные уличные фонари, осветительные приборы прожекторного типа.

Дополнительно для сравнения степени освещенности были исследованы пешеходные переходы за городом, где установлены солнечные батареи для освещения нерегулируемых переходов.

Если сравнивать степень освещенности в зависимости от типа осветительных приборов, то на первом месте будут осветительные приборы прожекторного типа, затем стационарные уличные фонари и лампы на солнечных батареях.

Так из 75 измеряемых точек на перекрестках, оборудованных стационарными уличными фонарями только 23 точки соответствуют нормативным значениям (> 20 лк) — это 31 % от всего массива измерений, 14 точек имеют значения от 15 до 20 лк — это 19 % от всех измерений, 38 точек имеют значения от 0 до 15 лк — это половина от всего количества измерений, что безусловно накладывает свой отпечаток на безопасность пешеходов (рис. 6).



Рисунок 6. Измеряемые точки в процентах (составлено автором)

Figure 6. Measured points in percent (compiled by the author)

Результаты измерения перекрестков, оборудованных осветительными приборами прожекторного типа (по ул. Бутина и ул. Ленинградская) показали в среднем значения 65–75 лк, это свидетельствует о том, измеряемые точки (100 %) соответствуют нормативным значениям.

Самые минимальные значения освещенности были получены на нерегулируемых пешеходных переходах, оборудованных солнечными панелями (Яблонный хребет Читинского района Забайкальского края). Здесь полученные значения варьируются в пределах до 10 лк, что свидетельствует о 100 % несоответствии нормативным значениям.

Безусловно, следует учитывать и косвенные параметры, влияющие на полученные результаты, это может быть загрязненность или грязное покрытие солнечных панелей, а также грязная поверхность уличных фонарей, которая безусловно влияет на степень освещения. Однако, полученные результаты превосходства осветительных приборов прожекторного типа не оспоримы.

Обсуждение

Discussion

Мониторинг степени освещенности на улицах городов, составление и постоянное обновление информации на картах освещенности пешеходных переходов автодорог города является важным этапом для повышения безопасности пешеходных переходов, снижения количества ДТП и защиты здоровья населения.

Созданные подобным образом карты освещенности в будущем могут быть использованы органами муниципальной власти для разработки реально достижимых норм допустимой освещенности в конкретном городе; проектирования и осуществления технических и иных средств по выполнению этих норм при текущем содержании и ремонте автомобильных дорог.

Среди технических решений можно предложить надлежащее содержание в чистоте осветительных приборов и панелей и замену осветительных приборов на более яркие с хорошей степенью освещения, например, прожекторного типа.

Пример такой замены зафиксирован на улице Ленинградская г. Читы в 2022 году, где по Национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги» произведена замена стационарных осветительных приборов на приборы прожекторного типа. Замеры степени освещения показывают реальный достигнутый эффект: степень освещения повысилась на 39 %, как следствие снизилось количество ДТП с наездом на пешехода в ночное время суток на данном перекрестке (за 2022 год случаев не зафиксировано).

Если рассматривать данную проблему на автомобильных дорогах, где затруднено или экономически нецелесообразно освещение по линии электропередач, то техническим решением можно использовать энергоэффективные искусственные неровности «лежачий полицейский». Они устанавливаются по обе стороны пешеходного перехода.

Внутри неровностей находится пьезоэлектрический генератор, позволяющий превращать энергию давления, оказываемого на него проезжающим автомобилем, в электрическую энергию, необходимую для освещения пешеходного перехода.

Пьезоэлектрический эффект был открыт в 1880 году братьями Пьером Кюри и Жаком Кюри. Пьезоэлектрические материалы обладают уникальными свойствами электромеханической связи либо с генерацией электрического заряда при приложенном механическом напряжении, помеченным, как прямой пьезоэлектрический эффект, либо с индукцией механической деформации из-за приложенного электрического поля, помеченной как обратный пьезоэлектрический эффект. Прямой пьезоэлектрический эффект необходим для обнаружения и сбора энергии, когда приложенные напряжения используются для создания поверхностных зарядов на пьезоэлектрических материалах.

Большинство пьезоэлектрических материалов для сбора энергии имеют четко определенную полярную ось, и направление приложенного напряжения относительно полярной оси будет влиять на характеристики сбора энергии. Первым предложенным пьезоэлектрическим материалом является природный кварц. Сегодня успешно применяются природные пьезоэлектрические материалы, как например, гибкий и отдельно стоящий пьезоэлектрический материал ЦТС-19 (цирконат-титанат свинца), состоящий из сильно выровненных электропряденных волокон.

Этот пьезоэлемент обладает превосходной гибкостью и механической прочностью, а его пиковое напряжение холостого хода достигает 1,5 В при изгибе. Работу пьезогенератора характеризуют две величины, это диэлектрическая проницаемость, поскольку от неё зависит ёмкость пьезоэлемента, и пьезоэлектрический модуль. Пьезомодуль определяет величину электрического заряда на электродах пьезоэлемента при приложении к ним единицы силы.

На рисунке 7 представлена схема предлагаемого способа освещения, состоящего из энергоэффективного «лежачего полицейского», изготовленного из полиуретана с самонагревающимся кабелем, светильника направленного действия, которые устанавливаются на опору, холодильника, в котором применяется гелевый аккумулятор, диодного моста и конденсатора.

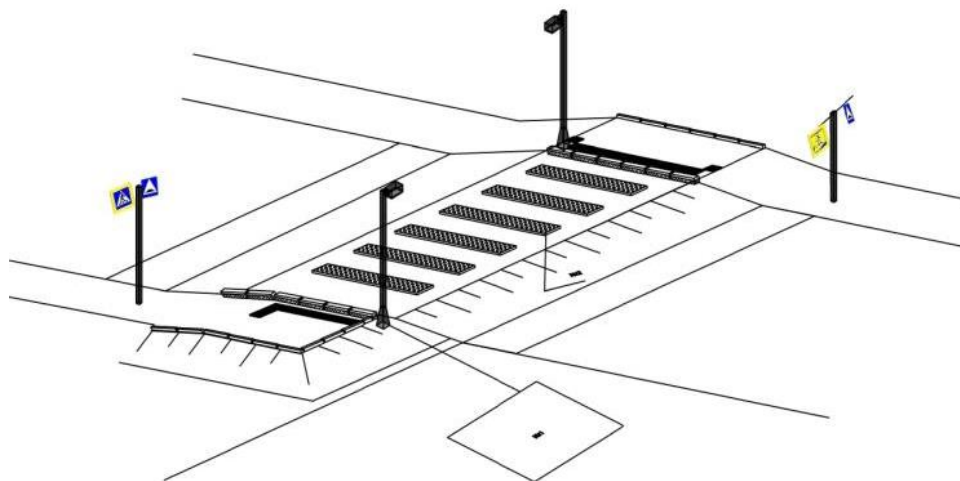


Рисунок 7. Схема предлагаемого способа освещения (материал автора)

Figure 7. Schematic diagram of the proposed lighting method (author's material)

В основе способа заложен принцип пьезоэлементов и выделения энергии. Полиуретановые эластомеры, из которых изготовлен «лежачий полицейский» образуют широкий класс высокомолекулярных каучуково-подобных соединений. Пьезоэлемент в полиуретане соединён саморегулирующимся нагревательным кабелем.

Саморегулирующиеся нагревательные кабели изобрели в США в 60-х годах и это стало важнейшим шагом в сфере систем электро-обогрева. Преимущества саморегулирующихся кабелей — невозможность перегрева и использования их переменными длинами благодаря свойствам проводящей матрицы.

Эффект саморегулирования не позволяет кабелю перегреваться, дает возможность установки его внахлест без риска замыкания и возгорания кабеля, тем самым обеспечивает безопасность его применения.

Само регулирующий нагревательные кабели позволяют работать «лежачему полицейскому» независимо от погодных условий, при этом конструкция является снегонезаносимой.

Выделенная энергия от пьезоэлектрического текстиля по саморегулирующемуся нагревательному кабелю через диодный мост поступает в конденсатор.

На диодный мост подается переменный ток, подаваемый пьезоэлементами, полярность которого в бытовой электросети меняется с частотой 50 Гц. Диодная сборка «срезает» часть синусоиды, которая для прибора «является» обратной, и меняет ее знак противоположный. В результате на выходе к нагрузке подается пульсирующий ток одной полярности (рис. 8).

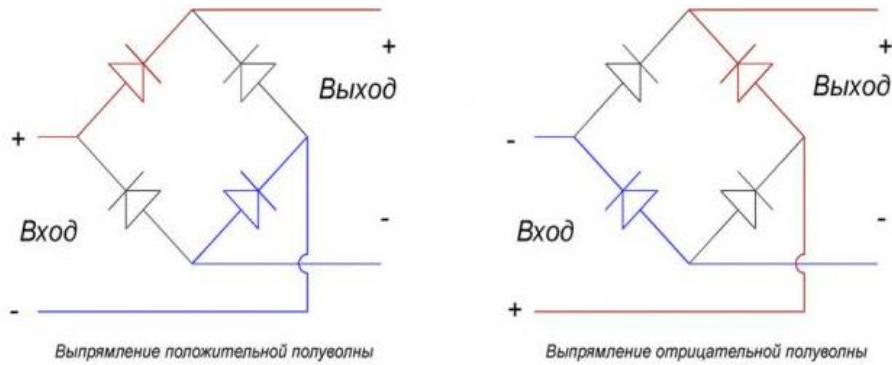
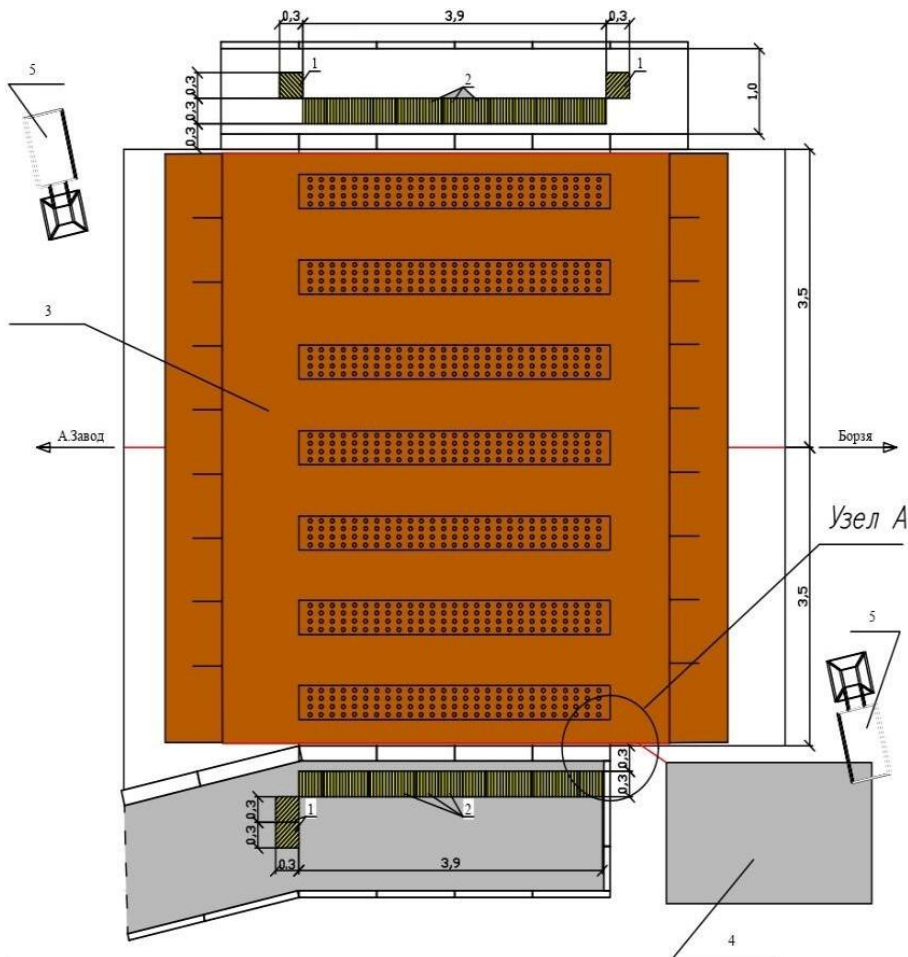


Рисунок 8. Схема работы диодного моста (составлено автором)

Figure 8. Diode bridge operation diagram (made by the author)

Супер конденсаторы служат для накопления энергии и являются мостом между обычными конденсаторами и батареями. Они характеризуются высокой мощностью, достаточной плотностью энергии и малым внутренним сопротивлением.



1–2 — тактильная плитка; 3 — энергоэффективный «лежащий полицейский»; 4 — электро-шкаф;
 5 — Г-опора

1–2 — tactile tile; 3 — energy efficient «lying policeman»; 4 — electric cabinet; 5 — G-support

Рисунок 9. Схема предлагаемого способа освещения (составлено автором)

Figure 9. Schematic diagram of the proposed illumination method (made by the author)

Аккумулятор и супер конденсатор являются взаимодополняющими технологиями: аккумулятор обеспечивает долгосрочную энергию, а супер конденсатор обеспечивает быструю реакцию и высокую мощность.

Энергия от аккумулятора поступает на опору освещения. Главная особенность опоры заключается в том, что в нее встроен светильник направленного действия со светодиодными прожекторами, который, благодаря своей конструкции полностью освещает участок проезжей части, предназначенный для движения пешеходов через проезжую часть дороги и прилегающую к дорожному полотну территорию. Такое освещение позволяет водителю издалека увидеть приближающегося человека, который собирается переходить через пешеходный переход. Также, благодаря светильнику, который встроен в поддержку, яркий свет не ослепляет авто-водителей автотранспорта. Это делает езду на автомобиле более комфортной и безопасной с точки зрения освещенности.

На рисунке 9 показана схема предлагаемого способа освещения.

Выводы

Conclusions

Проведенное исследование по измерению уровней освещенности городских улиц и магистралей Центрального района города Чита показала, что пять наиболее загруженных улиц города в целом можно отнести к категории малоопасных, средние значения для улиц получены следующие: ул. Бабушкина — 14,7 лк; ул. Ленина — 13,8 лк; ул. Ленинградская — 11,2 лк; ул. Бутина — 11,4 лк; ул. Чкалова — 15,9 лк. Однако следует учитывать тот факт, что только 10 перекрестков из 75 отвечают нормативным требованиям. Это сказывается на безопасности пешеходов ночное время суток.

Более объемные исследования освещенности других улиц Центрального района г. Чита позволит более полно оценить степень освещения пешеходных переходов, тем самым повышая безопасность жителей города в ночное время суток.

Разработанный способ освещения на основе энергоэффективных искусственных неровностей при его реализации в малых населенных пунктах может исключить наезды на пешеходов в темное время суток, сохраняя жизни и здоровье населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гайфуллин, В.М.** О проблеме обеспечения видимости на нерегулируемых пешеходных переходах / В.М. Гайфуллин, О.О. Денисова // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2011. — № 10. — С. 76–81. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17989163>. — EDN PDRBWV. (дата обращения: 12.02.2023).
2. **Павлов, С.Н.** Исследование освещенности на нерегулируемых пешеходных переходах / С.Н. Павлов, Ю.В. Павлова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. — 2019. — Т 16. — № 3. — С. 256–263. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38538409>. — EDN ZYRJVZ. (дата обращения: 12.02.2023).
3. **Алешина, И.В.** Повышение безопасности на нерегулируемых пешеходных переходах / И.В. Алешина, А.А. Иванов, Н.И. Красаулина, К.В. Смелкова // Современные материалы, техника и технологии. — 2015. — № 3. — С. 6–10. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25149532>. — EDN VEJAMX. (дата обращения: 12.02.2023).
4. **Ким, П.А.** Снижение риска наезда на пешеходов в условиях ограниченной видимости на нерегулируемых пешеходных переходах / П.А. Ким, С.П. Озорнин, В.Г. Масленников // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2014. — № 6. — С. 147–154. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21676222>. — EDN SGIWEL. (дата обращения: 12.02.2023).
5. **Чикалина, С.Л.** Конфликт транспортных и пешеходных потоков в зонах нерегулируемых перекрестков / С.Л. Чикалина, О.С. Прокофьева, Н.А. Елфимова // Молодежный вестник ИрГТУ. — 2018. — Т 8. — № 4. — С. 38–43. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36644266>. — EDN YRNFYT. (дата обращения: 12.02.2023).
6. **Рябокоть, Ю.А.** Конфликтные ситуации и дорожная аварийность с участием пешеходов на городских магистралях / Ю.А. Рябокоть, М.Г. Симуль // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2011. — № 3. — С. 19–23. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17882461>. — EDN PBIJLP. (дата обращения: 12.02.2023).
7. **Горбачев, С.В.** Освещенность и безопасность движения на наземных пешеходных переходах / С.В. Горбачев, Т.С. Гришина // Вестник НЦБЖД. — 2011. — № 4. — С. 32–35. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17273493>. — EDN ONZXBD. (дата обращения: 12.02.2023).
8. **Полосухина, М.В.** Интеллектуальные системы уличного освещения для повышения безопасности движения на пешеходных переходах / М.В. Полосухина, Д.А. Красникова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2016. — Т 4. — № 5-3. — С. 133–137. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27309812>. — EDN WZQDHFV. (дата обращения: 12.02.2023).
9. **Коновалова, Т.В.** Влияние освещенности и яркости проезжей части на безопасность дорожного движения в городах в темное время суток / Т.В. Коновалова, О.В. Афанасьев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 2. — С. 61–71. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21070842>. — EDN RTCKVZ. (дата обращения: 12.02.2023).
10. **Wang, R.** Modeling traffic flow at a single-lane urban roundabout / R. Wang, H.J. Ruskin. — DOI [https://doi.org/10.1016/S0010-4655\(02\)00362-4](https://doi.org/10.1016/S0010-4655(02)00362-4) // Computer Physics Communications. — 2002. — Т 147. — № 1-2. — С. 570–576. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010465502003624>. (дата обращения: 23.03.2023).
11. **Norris, F.H.** Characterological, situational, and behavioral risk factors for motor vehicle accidents: a prospective examination / F.H. Norris, B.A. Matthews, J.K. Riad. — DOI [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00068-8) // Accident Analysis & Prevention. — 2000. — Т 32. — № 4. — С. 505–515. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457599000688>. (дата обращения: 23.03.2023).
12. **Ma, M.** Safety Analysis of Urban Arterials under Mixed-Traffic Patterns in Beijing / M. Ma, X. Yan, M. Abdel-Aty, H. Huang, X. Wang. — DOI <https://doi.org/10.3141/2193-13> // Transportation Research Record. — 2010. — Т 2193. — № 1. — С. 105–115. — URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2193-13>. (дата обращения: 23.03.2023).

13. **Schneider, R.J.** Association between Roadway Intersection Characteristics and Pedestrian Crash Risk in Alameda County, California / R.J. Schneider, M.C. Diogenes, L.S. Arnold, V. Attaset, J. Griswold, D. R. Ragland. — DOI <https://doi.org/10.3141/2198-06> // Transportation Research Record. — 2010. — Т 2198. — № 1. — С. 41–51. — URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.3141/2198-06>. (дата обращения: 23.03.2023).
14. **Hallmark, S.L.** Roundabouts in Signalized Corridors: Evaluation of Traffic Flow Impacts / S.L. Hallmark, E. J. Fitzsimmons, H.N. Isebrands, K.L. Giese. — DOI <https://doi.org/10.3141/2182-18> // Transportation Research Record. — 2010. — Т 2182. — № 1. — С. 139–147. — URL: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3141/2182-18>. (дата обращения: 23.03.2023).
15. **Кузнецов, В.Н.** Обеспечение безопасности на нерегулируемых пешеходных переходах в темное время суток / В.Н. Кузнецов // Евразийский союз ученых. — 2021. — № 3-6. — С. 44–50. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45679008>. — EDN CNGERX. (дата обращения: 23.03.2023).
16. **Владимиров, А.В.** Освещенность нерегулируемых пешеходных переходов / А. В. Владимиров, Я.Е. Евсева, О.А. Довгулевич // Проблемы безопасности транспорта в современных условиях развития общества: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 16 декабря 2020 года / Нижний Новгород: Филиал СамГУПС в г. Н. Новгороде, 2020. — С. 38–40. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48086318>. — EDN EELHOK. (дата обращения: 23.03.2023).
17. **Гатауллина, А.А.** Освещение как причина ДТП на пешеходных переходах г. Перми / А.А. Гатауллина, М.О. Карпушк // Химия. Экология. Урбанистика. — 2019. — Т 2. — С. 52–55. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38486375>. — EDN PRBIXR. (дата обращения: 23.03.2023).
18. **Жеглов, В.В.** К освещению пешеходных переходов / В.В. Жеглов, Н.В. Коняев // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 21 ноября 2019 года / Юго-Западный государственный университет Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. — С. 78–81. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41416821>. — EDN JSMNNG. (дата обращения: 23.03.2023).

Сведения об авторах:

Свалова Кристина Витальевна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительства», ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», Чита, Россия, e-mail: kristi24091990s@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3644-5242>

Статья получена: 01.08.2023. Принята к публикации: 22.10.2023. Опубликована онлайн: 05.11.2023.

REFERENCES

1. Gayfullin V.M., Denisova O.O. On The Problem of Visibility on Unregulated Pedestrian Crossings. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2011; (10): 76–81. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17989163> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
2. Pavlov S.N., Pavlova Yu.V. Lighting on Unregulated Pedestrian Crossing. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2019; 16(3): 256–263. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38538409> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
3. Aleshina I.V., Ivanov A.A., Krasaulina N.I., Smelkova K.V. Safety in Crease at Unregulated Crosswalks. *Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii*. 2015; (3): 6–10. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25149532> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
4. Kim P., Ozornin S., Maslennikov V. Reducing Risk of Vehicle-Pedestrian Accidents on Unregulated Pedestrian Crossings Under Conditions of Reduced Visibility. *Vestnik of Irkutsk State Technical University*. 2014; (6): 147–154. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21676222> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
5. Chikalina S.L., Prokofieva O.S., Elfimova N.A. Transport and Foot Traffic Conflict at Non-Signalised Crossing Precincts. *ISTU Bulletin of Youth*. 2018; 8(4): 38–43. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36644266> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

6. Ryabokon Yu.A., Simul M.G. Conflict Situations and Road Accident Rate with The Participation of The Pedestrians on The Urban Mains. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2011; (3): 19–23. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17882461> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Gorbachev S.V., Grishin T.S. Light Exposure and Safety Movements on Ground Pedestrian Crossings. *Bulletin of Scientific Centre of Children safety*. 2011; (4): 32–35. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17273493> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
8. Polosukhina M.V., Krasnikova D.A. Intelligent Lighting System for Increasing Traffic Safety at Pedestrian Crossings. *Current Directions of Scientific Research of the XXI Century: Theory and Practice*. 2016; 4(5-3): 133–137. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27309812> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
9. Konovalova T.V., Afanasyev O.V. The Influence of The Carriageway's Brightness and Luminosity to The Traffic Safety in The Cities in The Dark. *Transport. Transport Facilities. Ecology*. 2013; (2): 61–71. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21070842> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
10. Wang R., Ruskin H.J. Modeling traffic flow at a single-lane urban roundabout. *Computer Physics Communications*. 2002; 147(1-2): 570–576. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1016/S0010-4655\(02\)00362-4](https://doi.org/10.1016/S0010-4655(02)00362-4).
11. Norris F.H., Matthews B.A., Riad J.K. Characterological, situational, and behavioral risk factors for motor vehicle accidents: a prospective examination. *Accident Analysis & Prevention*. 2000; 32(4): 505–515. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00068-8).
12. Ma M., Yan X., Abdel-Aty M., Huang H., Wang X. Safety Analysis of Urban Arterials under Mixed-Traffic Patterns in Beijing. *Transportation Research Record*. 2010; 2193(1): 105–115. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3141/2193-13>.
13. Schneider R.J., Diogenes M.C., Arnold L.S., Attaset V., Griswold J., Ragland D.R. Association between Roadway Intersection Characteristics and Pedestrian Crash Risk in Alameda County, California. *Transportation Research Record*. 2010; 2198(1): 41–51. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3141/2198-06>.
14. Hallmark S.L., Fitzsimmons E.J., Isebrands H.N., Giese K.L. Roundabouts in Signalized Corridors: Evaluation of Traffic Flow Impacts. *Transportation Research Record*. 2010; 2182(1): 139–147. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3141/2182-18>.
15. Kuznetsov V.N. Reducing the Level of Accidents at Unregulated Pedestrian Crossings in The Dark Ph. D. Eurasian Union of Scientists. 2021; (3-6): 44–50. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45679008> (accessed 23rd March 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
16. Vladimirov A.V., Evseyeva Ya.E., Dovgulevich O.A. [Illumination of unregulated pedestrian crossings]. In: *[Problems of transport safety in modern conditions of social development: Materials of the International Student Scientific and Practical Conference, Nizhny Novgorod, December 16, 2020]*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod Branch of Samara State Transport University; 2020. p. 38–40. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48086318> (accessed 23rd March 2023). (In Russ.).
17. Gataullina A.A., Karpushko M.O. Lighting as a Cause of Road Transport Accidents Involving Pedestrians in The City of Perm. *Chemistry. Ecology. Urbanism*. 2019; 2: 52–55. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38486375> (accessed 23rd March 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
18. Zheglov V.V., Konyayev N.V. [To lighting pedestrian crossings]. In: *[Innovative methods for designing building structures of buildings and structures: collection of scientific papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Kursk, November 21, 2019]*. Kursk: The Southwest State University; 2019. p. 78–81. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41416821> (accessed 23rd March 2023). (In Russ.).

Information about the authors:

Kristina V. Svalova — Zabaikalsky State University, Chita, Russia, e-mail: kristi24091990s@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3644-5242>

Submitted: 1st August 2023. Revised: 22th October 2023. Published online: 5nd November 2023.