

УДК 624.012.45

*В. Н. Кузнецов***СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ
АВАРИЙНОСТИ
НА НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ
ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ
В ТЕМНОЕ ВРЕМЯ СУТОК**

Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности движения на пешеходных переходах в темное время суток. Проведены исследования освещенности пешеходных переходов уличными фонарями и влияния светового потока автомобильных фар на видимость пешеходов при различном удалении автомобиля от пешеходного перехода. Установлена оптимальная освещенность пешеходных переходов.

Ключевые слова:

аварийность,
освещенность,
уличная освещенность,
световой поток,
цветовая температура,
типы ламп.

*V. N. Kuznetsov***REDUCING OF THE LEVEL
OF ACCIDENTS
AT UNREGULATED
PEDESTRIAN CROSSINGS
IN THE DARK**

The issues of ensuring traffic safety at pedestrian crossings in the dark are considered. Studies of the illumination of pedestrian crossings by street lamps and the influence of the luminous flux of car headlights on the visibility of pedestrians at different distances of the car from the pedestrian crossing were carried out. The optimal illumination of pedestrian crossings has been established.

Введение

Особую озабоченность в последние годы, особенно в крупных городах, вызывает рост числа ДТП на пешеходных переходах, связанных с наездом на пешехода, которые, как правило, происходят не только по вине водителей и имеют тяжкие последствия. ДТП на пешеходных переходах — самая острая проблема пешеходов на сегодняшний день, особенно в темное время суток.

Статистика ГИБДД показывает, что доля ДТП на регулируемых перекрестках в 3 раза меньше, чем на нерегулируемых перекрестках (рис. 1).

Основной причиной аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах является плохая видимость пешехода в темное время суток. По статистике 2020 г., наезды на пешехода в темное время суток составляют 39,5 % всех ДТП, что превышает дневной показатель примерно на 11 %, а риск получить смертельные травмы в темное время для пешеходов повышается на 43,7 %. Именно в темное время суток происходит 68,6 % всех ДТП с гибелью пешеходов [1—3].

Для обеспечения видимости пешеходного перехода в ночное время суток используется локальное освещение. Значительная разница между освещенностью, создаваемой светом фар автомобилей и естественной ночной освещенностью, близкой к нулю, является причиной трудностей с выбором правильных решений как пешеходами, так и водителями транспортных средств.

Освещенность проезжей части и особенно пешеходного перехода влияет на видимость пешеходов на дороге. Зона видимости водителем пешеходов на дороге при ближнем свете фар приведена в табл. 1.

Дальность светового луча зависит от высоты установки фары. Например, для легковых автомобилей дальность светового луча составляет: для противотуманных фар — около 25 м; для фар ближнего света — 60—70 м; для фар дальнего света — 150—200 м¹.

Зона торможения автомобиля, движущего со скоростью 60 км/ч, составляет в среднем 40 м (это зависит от состояния покрытия и погодных условий). На расстоянии от 30 до 40 м водитель видит только ноги пешехода в свете ближних фар, но это в случае, когда нет встречных автомобилей.

¹ГОСТ Р 58107.1—2018. Освещение автомобильных дорог общего пользования. Нормы и методы расчета; СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 2.05.02—85).

Key words:

accident rate,
illumination,
street illumination,
luminous flux,
color temperature,
lamp types.

Об авторе:**Кузнецов**

Владимир Назарович –
канд. техн. наук,
доцент кафедры
строительства и эксплуатации
транспортных сооружений,
Волгоградский государственный
технический университет
(ВолГТУ).
Российская Федерация, 400074,
г. Волгоград,
ул. Академическая, 1;
vnk3@yandex.ru

Kuznetsov Vladimir Nazarovich –
Candidate of Engineering Sciences,
Docent of Construction
and Operation of Transport Structures
Department,
Volgograd State Technical University
(VSTU).
1, Akademicheskaya St., 400074,
Volgograd, Russian Federation;
vnk3@yandex.ru

1. Световой поток фар автомобилей

Проблема заключается в том, что встречные автомобили слепят своими фарами водителя, тем самым скрывая фигуру пешехода в световом потоке фар.

Световой поток — это количество света, которое излучается лампой. Записывается в люменах. Дальний свет потоком более 1650 лм может ослепить водителей на встречной полосе. Хорошая лампа² ближнего света гарантирует длину светового потока 45—50 м.

Понятие *цветовой температуры* является одним из основных показателей автомобильных ламп. По сути, это соотношение синего и желтого цветов. Температуру записывают в кельвинах. Так, например, наиболее привычное солнечное освещение имеет температуру 5000—6000 К. 4300 К имеет ярко-белый свет, 8000 К —ослепительно-синий (рис. 2).

Лампы ближнего света освещают дорогу на расстоянии до 70 м в зависимости от марки автомобиля. Свет от ксеноновых фар имеет четкую границу. Лучший ближний свет дают всепригодные ксеноновые лампы с температурой 4500 К. В последнее время наиболее распространенными лампами являются галогенные и ксеноновые³.

2. Световой поток уличного освещения

Для оценки влияния фар автотранспорта на видимость пешеходов на проезжей части необходимо было установить степень освещенности уличными фонарями участков дороги с пешеходным переходом. В результате исследования было установлено, что освещенность участков с пешеходными переходами зависит от типа применяемых ламп уличного освещения. Наибольшее распространение в осветительных установках, предназначенных для наружного освещения, получили светильники с установленными в них *дугowymi ртутными лампами* высокого давления (типа ДРЛ). Светоотдача ламп ДРЛ достигает 60 лм/Вт.

²ГОСТы и правила для автомобильных фар и ламп. URL: drive2.ru/b/497411364898210114/; Требования к устройствам освещения и световой сигнализации. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114/41ae0ebf88859639a8300ef24157729b56de152e/;

Требования к компонентам световых приборов. URL: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/diagnostirovanie/trebovaniya-k-komponentam-svetovy-h-priborov/>

³Требования к устройствам освещения и световой сигнализации. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114/41ae0ebf88859639a8300ef24157729b56de152e/



Рис. 1. Статистика ДТП на пешеходных переходах за 2015–2018 гг.

Таблица 1. Зона видимости водителем пешеходов на дороге при ближнем свете фар

Цвет одежды	Расстояние видимости водителем пешехода, м
Темная одежда	18
Красная одежда	24
Желтая одежда	37
Белая одежда	55
Одежда со светоотражающими элементами	130
Светоотражающий жилет	150

Натриевые газоразрядные лампы ДНАТ устанавливают в светильниках уличного освещения. Они имеют световую отдачу 80–130 лм/Вт и работают при температуре окружающей среды от –30 до 40 °С.

Натриевые лампы низкого давления НЛНД и натриевые лампы высокого давления НЛВД отличаются между собой. Лампы низкого давления НЛНД на 30 % лучше по световой отдаче, чем лампы высокого давления. Максимальная световая отдача натриевых ламп — 130–150 лм/Вт.

Ртутно-вольфрамовые ДРВ нашли универсальное применение в уличном освещении. Световая отдача — 18–28 лм/Вт, температура окружающей среды — от –25 до 40 °С.

Для организации дорожного движения в темное время суток в местах, где необходимо обеспечить дальность и яркость света, а также на дорогах с высокой аварийностью целесообразна установка светодиодных светильников. Уровень световойдачи зависит от модели лампы и может быть до 95 лм/Вт.

Для освещения второстепенных дорог используют лампы мощностью 70–250 Вт, а для пешеходных тротуаров и парковых зон достаточно освещения рассеянного с мощностью ламп от 40 до 125 Вт.

Газоразрядные лампы стали своего рода стандартом для уличного освещения и до сих пор не теряют актуальности.

Так, ртутные ДРЛ, натриевые ДНАТ и металлогалогенные ДРИ — газоразрядные лампы применяются сегодня чаще всего в уличном освещении, лампы накаливания уходят в прошлое.

Лампы ДРИ позволяют достичь высокой световой отдачи до 95 лм/Вт и выше.

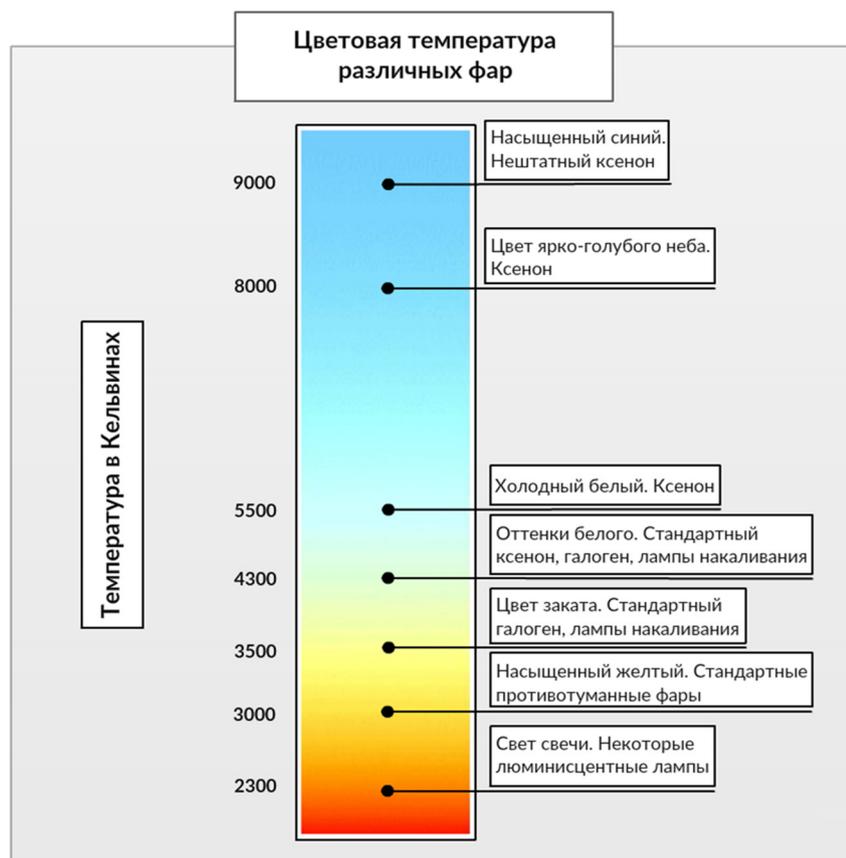


Рис. 2. Цветовая температура различных фар

Лампы ДНАТ — натриевые трубчатые лампы, отличаются ярко-оранжевым светом, характерным для газового разряда в парах натрия⁴.

В последние годы наиболее перспективными являются светодиоды. Они сравнимы по экономичности и светоотдаче с натриевыми лампами низкого давления, а цвет света может быть любым.

Для оценки фактической освещенности поверхности дороги были проведены исследования на 12 городских улицах с односторонним освещением и

⁴СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение (актуализированная редакция СНиП 23-05—95); URL: <https://lampasveta.com/osveshhenie/tablitssravnitel'naya-svetodiodnyh-i-lamp-nakalivaniya>; ГОСТ Р 55844—2013. Освещение наружное утилитарное дорог и пешеходных зон. Нормы (переиздание).

шириной проезжей части 7 м. Улицы были выбраны с нерегулируемыми пешеходными переходами. В результате исследования было установлено, что высота установки светильников колеблется от 8,0 до 10,0 м, это зависит от типа светильников. Расстояние между опорами составляет 27—38 м.

Обработка результатов замеров позволила выделить средние значения показателей освещенности в зависимости от высоты установки фонаря и расстояния между опорами уличных фонарей.

На рис. 3 изображено изменение освещенности при удалении от опоры фонаря, установленного на высоте 10 м, с шагом 3 м. Освещенность проезжей части непосредственно под фонарем 11,2—11,3 лк. Посередине между опорами освещенность снизилось до 1,56 лк, то есть почти в 8 раз.



Рис. 3. Изменение освещенности при удалении от опоры при высоте установки фонаря 10 м

При обработке данных замеров освещенности на участках улиц с установкой опор фонарей на расстоянии 27 м друг от друга и высотой установки фонарей 8 и 9 м были получены средние величины зависимости. На рис. 4 показаны графики зависимости освещенности от высоты установки фонарей.

При высоте фонарей 8 м и расстоянии между опорами 27 м освещенность в середине, между опорами, в 2,5 раза ниже, чем непосредственно под опорой фонаря. При высоте фонарей 8 м и расстоянии между опорами 27 м освещенность непосредственно под опорой и в середине между опорами различается в 3 раза. На основании полученных данных были выведены полиномиальные зависимости, позволяющие определить освещенность в любой точке проезжей части при аналогичных условиях (табл. 2).

Однако в уличных фонарях применяются различные типы ламп со световым потоком от 60 до 150 лм/Вт. Поэтому были проведены дополнительные замеры при различных типах ламп уличного освещения. Результаты замеров показали, что средние значения световых потоков зависят от мощности лам и имеют в основном линейную зависимость (табл. 3).

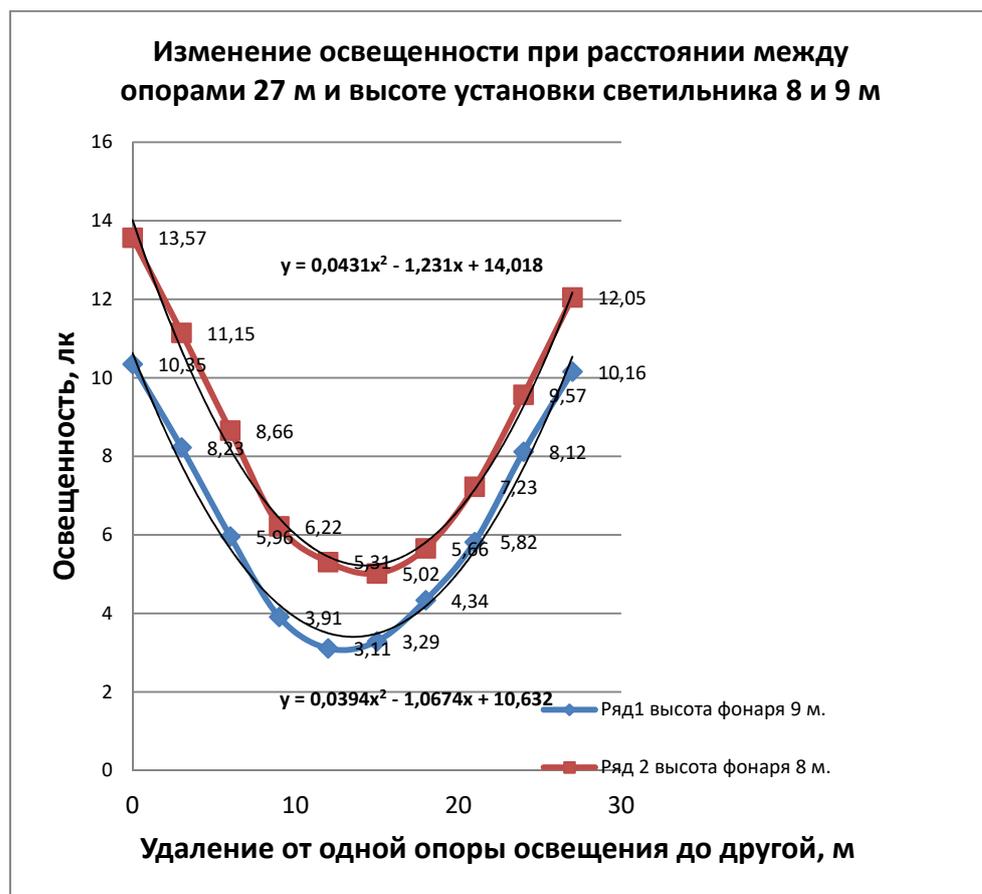


Рис. 4. Изменение освещенности при удалении от опоры при высоте установки фонаря на 8 и 9 м

Таблица 2. Зависимости, определяющие освещенность в любой точке проезжей части

Высота установки фонаря, м	Расстояние между опорами, м	Формула расчета
10	38	$y = 0,0259x^2 - 1,0409x + 11,93$
9	27	$y = 0,0431x^2 - 1,231x + 14,018$
8	27	$y = 0,0394x^2 - 1,0674x + 10,632$

Примечание: y — освещенность, лк; x — расстояние от опоры уличного фонаря, м.

Таблица 3. Зависимость светового потока от мощности ламп

Типы ламп	Формула зависимости
Светодиодные	$y = 87,836x - 82,191$
Лампы накаливания	$y = 10,688x + 56,182$
Металлогалогенные	$y = 80x$
Натриевые	$y = 0,0659x^2 + 61,044x + 3068,3$
Ртутные	$y = 58,377x - 1411$
Ртутно-вольфрамовые	$y = 29,602x - 1799,6$

Примечание: x — мощность лампы, Вт; y — световой поток, лк.

Освещенность поверхности проезжей части зависит от высоты установки светильника. По нормам средняя освещенность дорожного покрытия должна быть не менее 15 лк. Высота установки осветительных приборов над проезжей частью должна быть не менее 6,5 м.

Исследования снижения освещенности в зависимости от удаления источника света показали, что данная зависимость имеет вид экспоненциального уравнения:

$$\text{для ксеноновых ламп: } y = 2102,1e^{-0,389x};$$

$$\text{для галогенных и металлогалогенных ламп: } y = 717,74e^{-0,377x};$$

$$\text{для светодиодных ламп: } y = 397,53e^{-0,403x};$$

$$\text{для натриевых ламп: } y = 345,02e^{-0,356x};$$

$$\text{для ртутных и ртутно-вольфрамовых ламп: } y = 368,96e^{-0,377x};$$

$$\text{для ламп накаливания: } y = 407,94e^{-0,218x};$$

где y — освещенность, лк; x — удаление от источника света, м; e — число Эйлера, $e \approx 2,718$.

Таким образом, в среднем постоянная освещенность пешеходных переходов уличными фонарями представлена в табл. 4.

Таблица 4. Средняя постоянная освещенность пешеходных переходов уличными фонарями

Типы ламп уличных фонарей	Освещенность, лк, проезжей части при удалении от источника света на 7,5 м
Ртутно-вольфрамовые	31,83
Натриевые	34,12
Лампы накаливания	28,06
Светодиодные	98,91

3. Влияние светового потока фар автомобилей на видимость пешехода

Для оценки влияния световых потоков автомобильных фар ближнего света было проведено 386 замеров освещенности фар на различном расстоянии от пешеходного перехода. Обработка полученных замеров дала следующие результаты (табл. 5, 6, рис. 5).

Таблица 5. Зависимость освещенности от расстояния до источника света, лк

Расстояние, м	Ртутно-вольфрамовые	Натриевые	Лампы накаливания	Светодиодные
0	368,96	345,02	397,53	407,94
5	56,03	58,19	53,01	137,17
10	8,51	9,82	7,07	46,12
15	1,29	1,66	0,94	15,51
20	0,20	0,28	0,13	5,22
25	0,03	0,05	0,02	1,75
30	0,00	0,01	0,00	0,59
35	0,00	0,00	0,00	0,20
40	0,00	0,00	0,00	0,07

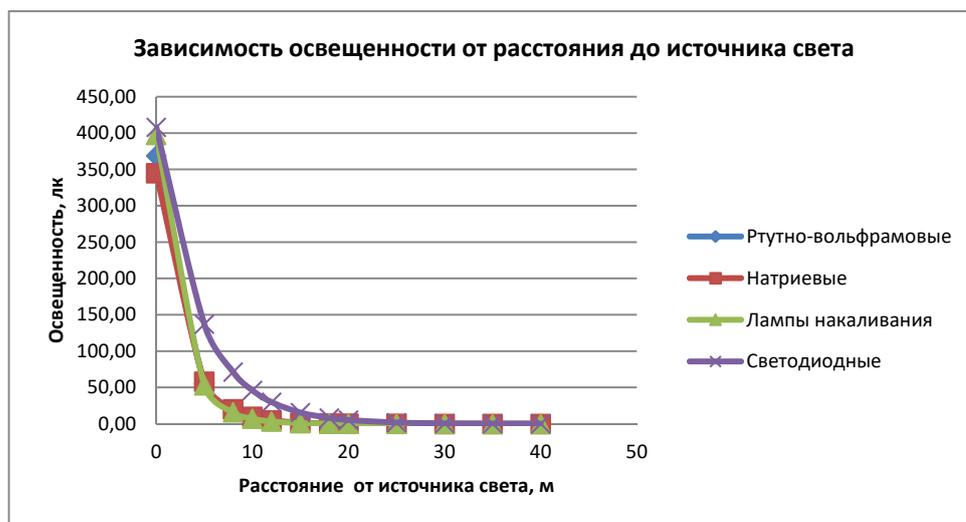


Рис. 5. Зависимость освещенности от расстояния до источника света, лк

Анализируя полученные данные, мы установили, что при приближении автомобилей к пешеходному переходу до 12 м и ближе фары ближнего света перебивают постоянную освещенность уличных фонарей и, следовательно, будут слепить водителей встречных автомобилей, а пешеходы на пешеходном переходе будут скрываться в световом потоке фар. На расстоянии 15 м и более световой поток от фар ослабляется и уличное освещение преобладает, однако при встречном автомобиле с ксеноновыми лампами фар освещенности стандартных уличных фонарей недостаточно. Для того чтобы водитель увидел пешехода минимум за 15 м до пешеходного перехода, освещенность пешеходного перехода должна быть не менее 300 лк.

Выводы

Результаты исследования позволили реально оценить ситуацию на нерегулируемых пешеходных переходах в темное время суток. Использование современных ксеноновых и галогеновых ламп ближнего света усугубило проблему обеспечения видимости пешеходов на пешеходном переходе. Стандартное уличное освещение не дает нужного результата. Необходимо искать дополнительные способы решения этой проблемы.

Одним из решений является оборудование пешеходных переходов индивидуальным освещением со световым потоком не менее 300 лк, что позволит достигнуть необходимой видимости пешехода на пешеходном переходе. Одним из наиболее действующих мероприятий является оборудование нерегулируемого перекрестка кнопочным светофором, но с одним сигналом красного цвета. Это позволит водителям своевременно сориентироваться и, снизив скорость, остановиться. Однако, учитывая, что нерегулируемых пешеходных переходов на улицах города очень много, оборудование всех кнопочными светофорами невозможно. Поэтому нужно выбрать наиболее опасные места переходов — возле поликлиник, школ, детских садов и мест с интенсивным пешеходным движением.

Таблица 6. Влияние световых потоков на освещенность пешеходного перехода

Удаление от пешеходного перехода, м	Освещенность автомобильными фарами ближнего света, лк			Постоянное освещение проезжей части от уличных фонарей на пешеходном переходе, лк			
	Свето-диодные	Ксено-новые	Галогено-вые	Ртутно-вольфра-мовые	Натри-евые	Лампы накали-вания	Свето-диодные
0	407,94	2102,00	717,74	31,83	34,12	28,06	98,91
5	137,17	300,62	109,00				
8	71,33	93,59	35,18				
10	46,12	42,99	16,55				
12	29,83	19,75	7,79				
15	15,51	6,15	2,51				
18	8,06	1,91	0,81				
20	5,22	0,88	0,38				
25	1,75	0,13	0,06				
30	0,59	0,02	0,01				
35	0,20	0,00	0,00				
40	0,07	0,00	0,00				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горшенина Е. Ю., Царев Д. Д., Тугушев Б. Ф. Повышение безопасности дорожного движения в г. Саратове // Научная мысль. 2015. № 2. С. 139—143. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23498037>.
2. Филатова А. В., Казакова Г. Р., Муравьева Н. А. Безопасность и организация движения на пешеходных переходах г. Саратова // Научная мысль. 2015. № 2. С. 114—117. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23498032>.
3. Попова И. М. Оценка уровня безопасности дорожного движения в регионах // Научное обозрение. 2015. № 4. С. 109—112.

REFERENCES

1. Gorshenina E. Yu., Tsarev D. D., Tugushev B. F. [Improving road safety in saratov]. *Nauchnaya mysl*, 2015, no. 2, pp. 139—143. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23498037>.
2. Filatova A. V., Kazakova G. R., Muravyeva N. A. [Safety and traffic management at pedestrian crossings in Saratov]. *Nauchnaya mysl*, 2015, no. 2, pp. 114—117. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23498032>.
3. Popova I. M. [Assessment of the level of road traffic safety in the regions]. *Nauchnaya mysl*, 2015, no. 4, pp. 109—112.

© Кузнецов В. Н., 2021

Поступила в марте 2021

Received in March 2021

Ссылка для цитирования: Кузнецов В. Н. Снижение уровня аварийности на нерегулируемых пешеходных переходах в темное время суток // Социология города. 2021. № 2. С. 33—41.

For citation: Kuznetsov V. N. [Reducing of the level of accidents at unregulated pedestrian crossings in the dark]. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of City], 2021, no. 2, pp. 33—41.