

УДК 625.7/8:330.131.7

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ РИСКОВ

Панов Дмитрий Алексеевич, магистр,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, dmpworkmail@mail.ru

Жустарёва Елена Владимировна, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, joustareva@mail.ru

Бочкарев Владимир Ильич, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, katafot@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты исследования функциональной долговечности горизонтальной дорожной разметки с целью оценки вероятности возникновения опасного события. В качестве параметров, влияющих на риск возникновения опасного события, были рассмотрены светотехнические характеристики разметки. Измерения светотехнических параметров дорожной разметки проводили в Российской Федерации на автомобильных дорогах I–III категорий в 2019–2021 годах. На основании результатов измерений был выполнен расчёт вероятности возникновения опасного события (риска) для различных типов линий. Было установлено, что не для всех светотехнических параметров дорожной разметки обеспечен «умеренный» уровень риска возникновения опасного события, принятый для дорожного хозяйства. Сделаны предположения о способах снижения рисков и по направлениям дальнейших исследований.

Ключевые слова: горизонтальная дорожная разметка, функциональная долговечность, теория рисков.

ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL OPERATING LIFE OF HORIZONTAL ROAD MARKINGS ON THE BASIS OF THE THEORY OF RISK

Panov Dmitriy A., Master of Engineering sciences,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, dmpworkmail@mail.ru

Zhustareva Elena V., Ph.D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, joustareva@mail.ru

Bochkarev Vladimir I., Ph.D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, katafot@mail.ru

Abstract. This paper presents the results of a study of the functional operating life of horizontal road markings in order to assess the probability of a dangerous event. The lighting characteristics of the marking were considered as parameters affecting the risk of a dangerous event. Measurements of the lighting parameters of road markings were carried out on the highways of I–III categories in the Russian Federation in 2019–2021. Based on the measurement results, the probability of occurrence of a dangerous event (risk) for various types of lines was calculated. It was found that not all of the lighting parameters of road markings provided a "moderate" level of risk of a dangerous event, adopted for the road sector. Ways to reduce risks and directions for further research have been supposed.

Key words: horizontal road markings, functional operating life, theory of risk.

Актуальность темы. Одним из наиболее важных потребительских свойств автомобильной дороги является безопасность движения. На обеспечение безопасности дорожного движения направлен Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги», разработанный Минтрансом России в целях исполнения положений Указа Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Причины повышения аварийности на автомобильных дорогах могут быть самые разнообразные: от несоблюдения водителями правил дорожного движения (человеческий фактор) и технического состояния транспортного средства (фактор – автомобиль) до наличия дефектов на проезжей части или отсутствие средств организации движения (фактор – автомобильная дорога). Поэтому при принятии решений по установлению минимально необходимых требований по безопасности движения целесообразно использовать теорию рисков, которая позволяет оценивать влияние различных факторов на возникновение аварийных ситуаций. Также теория рисков позволяет анализировать возникающие риски и принимать решения по управлению ими (снижению или устранению).

Чтобы обеспечить требуемый уровень безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах применяют технические средства

организации дорожного движения, такие как: светофоры, дорожные знаки и дорожная разметка. Качество и долговечность технических средств организации дорожного движения напрямую влияют на безопасность на автомобильных дорогах. При отсутствии технических средств организации дорожного движения или наличии их дефектов водитель не получает необходимую информацию для принятия правильного решения при движении транспортного средства, что в свою очередь может привести к возникновению дорожно-транспортного происшествия. Поэтому обеспечение функционирования средств организации дорожного движения на уровне, установленном нормативными требованиями, в течение всего срока службы является важной задачей.

Горизонтальная дорожная разметка является эффективным средством организации дорожного движения, так как она постоянно, на всём протяжении автомобильной дороги информирует водителей о правильном поведении на дороге. Особую важность приобретает наличие и состояние дорожной разметки в ночное время на участках дорог, где отсутствует искусственное освещение, о чем свидетельствует статистика дорожно-транспортных происшествий.

По данным Министерства Внутренних Дел Российской Федерации и Научного Центра Безопасности Дорожного Движения за 9 месяцев 2021 года на территории Российской Федерации было зарегистрировано 96314 дорожно-транспортных происшествий, при этом 121573 человека получили ранения, а 10516 человек погибли. Также установлено, что наибольшее количество ДТП происходило во временном интервале с 17:00 до 20:00 (каждое пятое ДТП); наиболее тяжёлые ДТП происходили во временном интервале с 01:00 до 07:00 (13 погибших на 100 пострадавших) [1].

- В процессе эксплуатации горизонтальная дорожная разметка подвергается значительным воздействиям колёс транспортных средств, рабочих органов уборочной техники и природно-климатических факторов, что приводит к разрушению материала разметки, уменьшению её площади и ухудшению светотехнических характеристик, то есть снижению её функциональных свойств. Наиболее важными параметрами горизонтальной дорожной разметки, напрямую влияющими на её видимость, являются светотехнические характеристики [2]:

- коэффициент яркости поверхности горизонтальной дорожной разметки β_V – характеристика дневной видимости горизонтальной дорожной разметки для пешеходов;
- удельный коэффициент светоотражения при диффузном дневном или искусственном освещении Q_d – характеристика дневной видимости или видимости от искусственного освещения для водителя;
- удельный коэффициент светоотражения разметки при сухом покрытии R_L – характеристика ночной видимости дорожной разметки для водителей.

Исследования светотехнических характеристик горизонтальной дорожной разметки были проведены на автомобильных дорогах I – III категорий (М-2 «Крым», М-4 «Дон», М-5 «Урал», М-8 «Холмогоры», М-9 «Балтия», А-103 «Щёлковское шоссе», А-104 «Москва-Дмитров-Дубна», А-105 «Подъезд а/п Домодедово», А-107 «ММК», А-108 «МБК») в 2019-2021 годах. Измерения светотехнических характеристик дорожной разметки Q_d и R_L были выполнены прибором ZRM 6006. Коэффициент яркости β_V измеряли прибором X-Rite 962. По полученным данным были вычислены средние арифметические значения и среднеквадратические отклонения исследуемых параметров для каждого периода наблюдений.

Было установлено, что на всех исследуемых участках удельный коэффициент светоотражения при диффузном дневном или искусственном освещении Q_d практически не снижается в течение установленного нормативного срока (3 месяца) и соответствует установленным ГОСТ Р 52289-2019 [3] требованиям.

В период наблюдений было зарегистрировано снижение значений коэффициентов β_V и R_L . Поэтому в дальнейшем рассматривали эти светотехнические показатели.

Для вычисления вероятности возникновения опасного события (риска r) была применена методика В.В. Столярова (метод 50%-ного риска) [4, 5].

Вероятности возникновения опасного события были вычислены для различных значений фактических показателей светотехнических параметров β_V и R_L , измеренных на автомобильных дорогах в различные периоды эксплуатации (май, июнь, июль, август). Расчеты выполнены при различных допустимых величинах светотехнических параметров β_V и R_L . В данной статье приведены результаты исследований для автомобильных дорог II категории. Результаты вычислений представлены в таблицах 1-4. На рисунках 1-4 показаны графики вероятности возникновения опасного события (риска) для светотехнических характеристик β_V и R_L для осевых и краевых линий горизонтальной дорожной разметки. Требуемые уровни β_V и R_L установлены по ГОСТ Р 52289-2019 [3], уровни риска установлены по ГОСТ Р 58137-2018 [4].

Таблица 1

Риски возникновения опасного события при различных допустимых значениях коэффициента яркости для осевых линий

Месяц	Среднее фактическое значение β_V , %	Риск возникновения опасного события r при допустимом значении β_V , %		
		30	40	50
Май	59,42	0,000001	0,000013	0,00018
Июнь	54,93	0,000002	0,0000496	0,00072
Июль	50,45	0,0000175	0,000259	0,0029
Август	45,96	0,000072	0,001152	0,00935

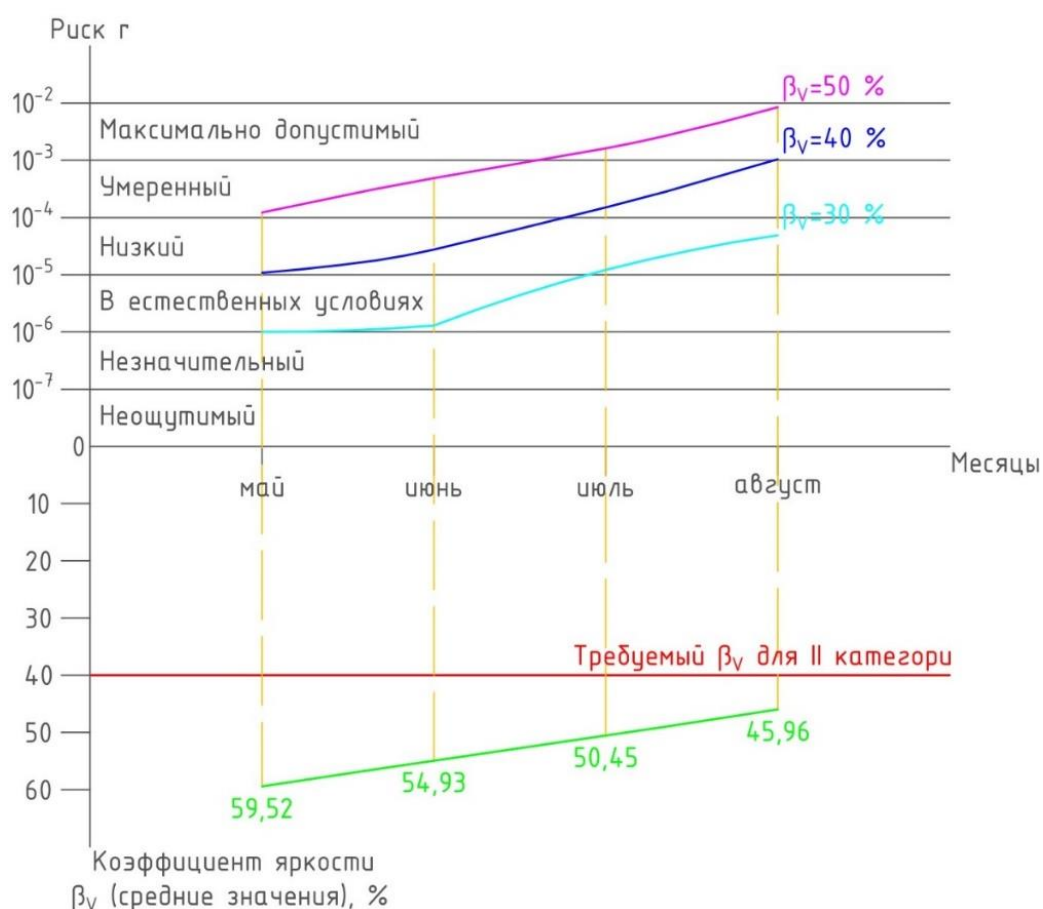


Рис. 1. График вероятности возникновения опасного события (риска) для коэффициента яркости β_V для осевых линий

Таблица 2

Риски возникновения опасного события при различных допустимых значениях коэффициента яркости для краевых линий

Месяц	Среднее фактическое значение β_V , %	Риск возникновения опасного события r при допустимом значении β_V , %		
		30	40	50
Май	61,53	0,000001	0,000004	0,0001
Июнь	56,85	0,0000015	0,00002	0,0004
Июль	52,16	0,000003	0,00008	0,00135
Август	47,48	0,0000175	0,00034	0,0048

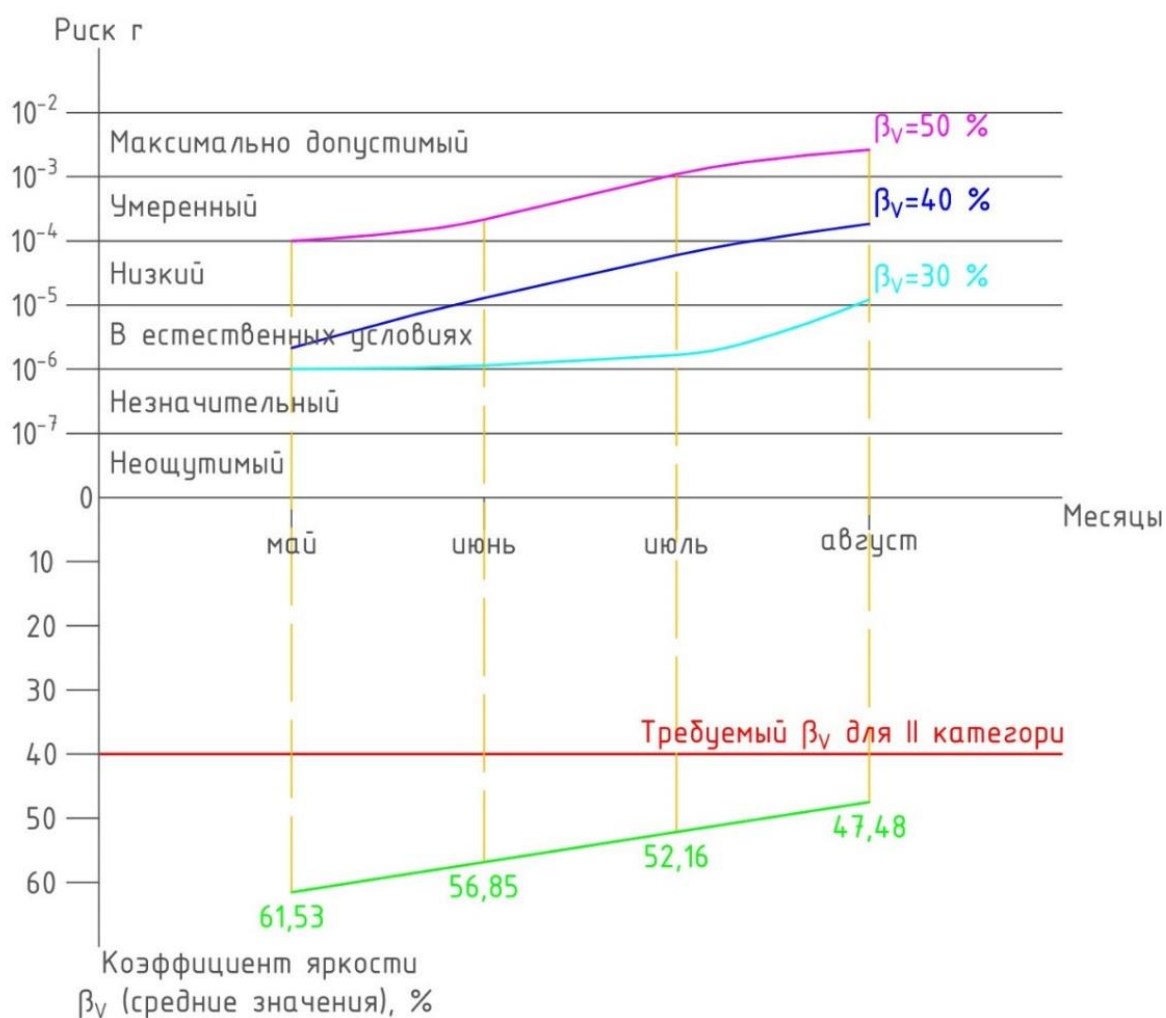


Рис. 2. График вероятности возникновения опасного события (риска) для коэффициента яркости β_V для краевых линий

Таблица 3

Риски возникновения опасного события при различных допустимых значениях удельного коэффициента световозвращения для осевых линий

Месяц	Среднее фактическое значение R_L , %	Риск возникновения опасного события r при допустимом значении R_L , %		
		100	150	200
Май	357,52	0,0005	0,00112	0,00235
Июнь	321,91	0,0028	0,00505	0,0089
Июль	286,30	0,0107	0,0166	0,0244
Август	250,69	0,0301	0,0401	0,0537

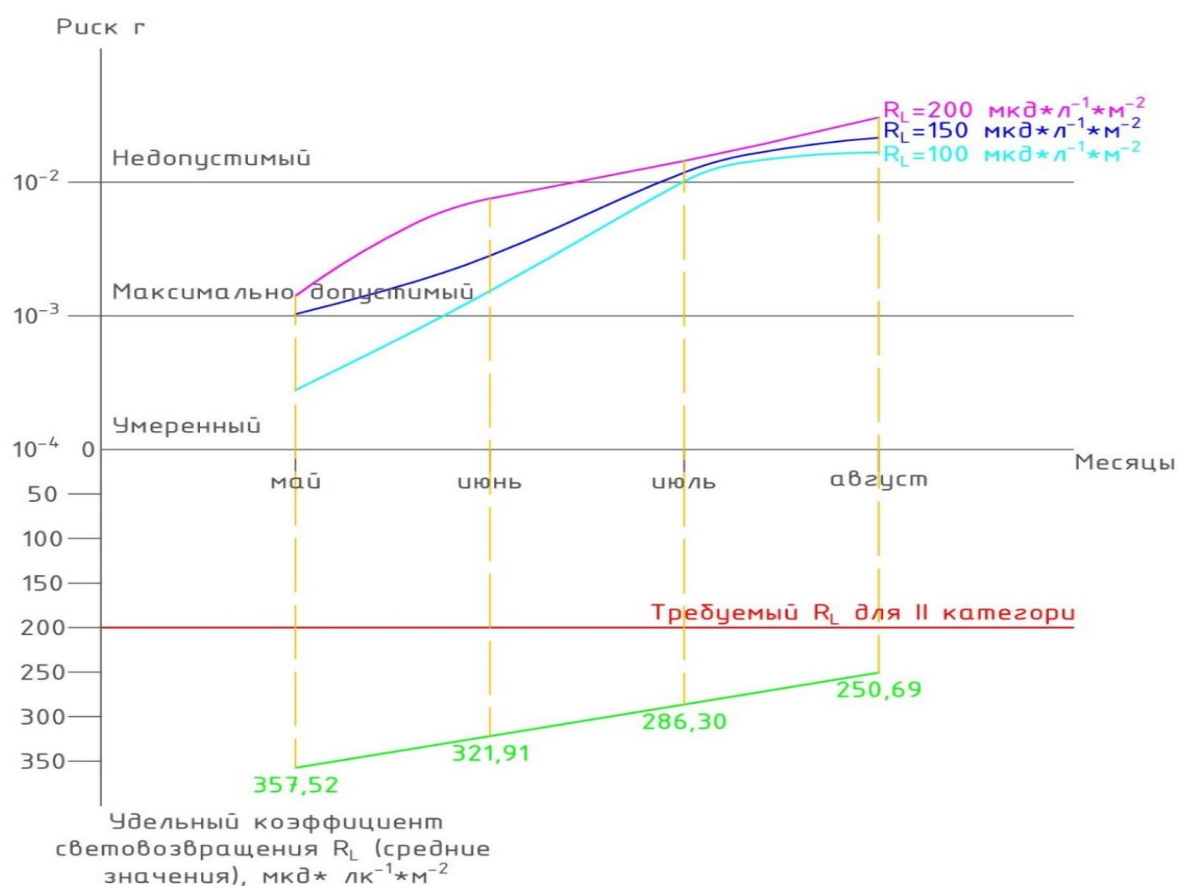


Рис. 3. График вероятности возникновения опасного события (риска) для удельного коэффициента световозвращения разметки при R_L для осевых линий

Таблица 4

Риски возникновения опасного события при различных допустимых значениях удельного коэффициента световозвращения для краевых линий

Месяц	Среднее фактическое значение R_L , %	Риск возникновения опасного события r при допустимом значении R_L , %		
		100	150	200
Май	357,47	0,00069	0,00145	0,0026
Июнь	317,92	0,0041	0,0069	0,0116
Июль	278,38	0,0154	0,02225	0,0322
Август	238,83	0,0409	0,0526	0,0681

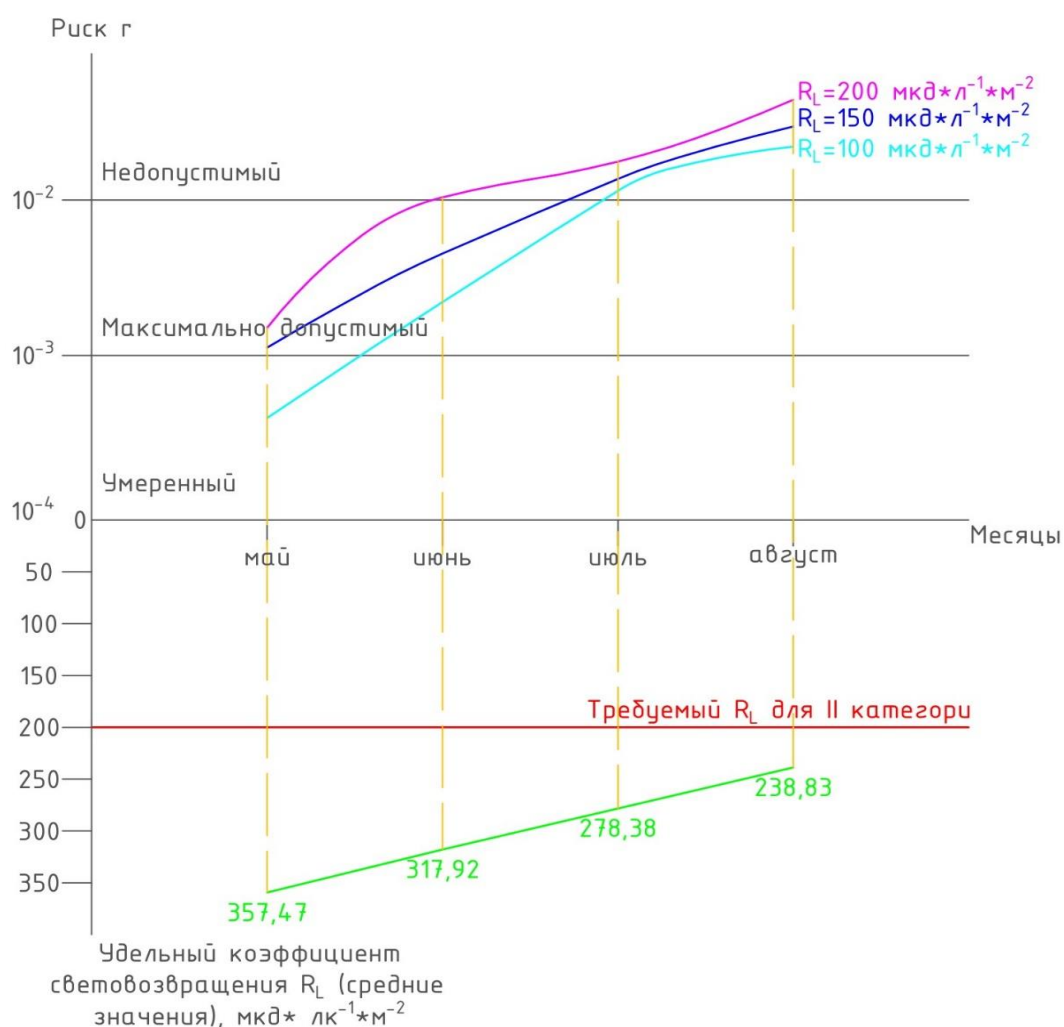


Рис. 4. График вероятности возникновения опасного события (риска) для удельного коэффициента световозвращения разметки R_L для краевых линий

Анализ графиков показал, что в каждый исследуемый период эксплуатации средние фактические значения параметров R_L и β_V выше нормативных значений.

При вычислении вероятности возникновения опасного события учитывается допустимый уровень исследуемого параметра (параметров R_L и β_V). Из графиков видно, что чем выше допустимый уровень исследуемого параметра (нормативное требование к исследуемому параметру), тем больше вероятность возникновения опасного события. Для дорожного хозяйства принят «умеренный» уровень риска согласно ГОСТ Р 58137 [4].

Для показателя β_V установлено, что для допустимого уровня равного 40% [3] уровень риска «умеренный» и ниже обеспечен для осевых линий (рис. 1) в течение трех месяцев, для краевых линий (рис. 2) – более чем три месяца.

Для показателя R_L установлено, что для допустимого уровня показателя равного 200 мкд/л×м² [3] уровень риска «умеренный» не обеспечен даже в начальный период (сразу после нанесения линии разметки) как для осевых (рис. 3), так и для краевых линий (рис. 4). Учитывая то, что обеспечение ночной видимости дорожной разметки является первоочередной задачей особенно на участках автомобильных дорог, на которых отсутствует искусственное освещение [6], необходимо снижать вероятность возникновения опасного события (уровень риска).

Теоретически для снижения уровня риска следует или обеспечивать в момент нанесения дорожной разметки значений параметра R_L намного выше нормативных требований, или снижать нормативные требования.

Обеспечивать в момент нанесения дорожной разметки значений параметра R_L намного выше 200 мкд/л×м² при современном уровне развития техники и технологии, к сожалению, невозможно. Поэтому необходимо исследовать возможность обоснованной корректировки существующих требований. Тем более, что зарубежные требования к показателю R_L в период эксплуатации ниже отечественных (табл. 5) [7].

Таблица 5

Минимальные значения удельного коэффициента световозвращения
разметки при сухом покрытии для разметки белого цвета

Нормативный документ	Начальное значение, мкд/л×м ²	Значение в середине срока функционирования, мкд/л×м ²	Значение в конце срока функционирования, мкд/л×м ²
ONORM B 2440:1998 04 01	240	130	110
ГОСТ Р 52289-2019 (для дорог II категории)	200	150	150

Выводы

Установлено, что функциональная долговечность разметки по показателю дневной видимости (коэффициента яркости β_V) обеспечена в течение требуемого периода эксплуатации, также обеспечен «умеренный» уровень вероятности возникновения опасного события.

Установлено, что функциональная долговечность разметки по показателю ночной видимости (удельный коэффициент светотражения разметки при сухом покрытии R_L) обеспечена в течение требуемого периода эксплуатации, но вероятность возникновения опасного события соответствует «максимально допустимому» или «недопустимому» уровню сразу после нанесения линий.

Необходимо исследовать возможность обоснованной корректировки существующих требований к начальному значению показателя ночной видимости. Для этого следует провести дополнительные измерения этого показателя на автомобильных дорогах.

Список литературы

1. Обзор дорожно-транспортной аварийности в Российской Федерации за 9 месяцев 2021 года / Министерство Внутренних Дел Российской Федерации. Научный Центр Безопасности Дорожного Движения. – URL: <https://ncbdd.mvd.rf/news/item/26634951> (дата обращения 11.04.2022)
2. ГОСТ Р 51256-2018 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. 2018-06-01. – М.: Стандартиформ, 2022 – 44 с.
3. ГОСТ Р 52289-2019 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. 2020-04-01. – М.: Стандартиформ, 2020 – 121 с.
4. ГОСТ Р 58137-2018 Дороги автомобильные общего пользования. Руководство по оценке риска в течение жизненного цикла. – Введ. 2018-10-01. – М.: Стандартиформ, 2018 – 53 с.
5. Кочетков, А.В. Применение риск-ориентированного подхода в дорожном хозяйстве / А.В. Кочетков, В.И. Алферов, В.В. Талалай. – М.: МАДИ, 2020. – 211 с.
6. Бочкарев, В.И. Теоретические аспекты световозвращения дорожной разметки / В.И. Бочкарев, Е.В. Жустарёва, А.В. Дмитричев // Norwegian Journal of development of the International Science, N 52/2020, декабрь, 2020, С.55-59.
7. ONORM B 2440:1998 04 01 Road markings – Requirements for the material and its application: 01.04.1998 – 14 с.

References

1. URL: <https://ncbdd.mvd.rf/news/item/26634951>
2. Tekhnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizheniya. Razmetka dorozhnaya. Klassifikaciya. Tekhnicheskie trebovaniya, GOST R 51256-2018 (Technical means of traffic management. Road marking. Classification. Technical requirements, State Standart GOST R 51256-2018), Moscow, Standartinform, 2022 ,44 p.
3. Tekhnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizheniya. Pravila primeneniya dorozhnyh znakov, razmetki, svetoforov, dorozhnyh ograzhdenij i napravlyayushchih ustrojstv, GOST R 52289-2019 (GOST R 52289-2019 Technical means of traffic management. Rules for the use of road signs, markings, traffic lights, road barriers and guides), Moscow, Standartinform, 2020, 121 p.
4. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Rukovodstvo po ocenke riska v techenie zhiznennogo cikla, GOST R 58137-2018 (Public automobile roads. Guidance on risk assessment during the life cycle, GOST R 58137-2018), Moscow, Standartinform, 2018, 53 p.

5. Kochetkov A.V., Alferov V.I., Talalaj V.V. *Primenenie risk-orientirovannogo podhoda v dorozhnom hozyajstve* (Application of a risk-oriented approach in the road sector), Moscow, MADI, 2020, 211 p.
6. Bochkarev V.I., Zhustaryova E.V., Dmitrichev A.V. *Norwegian Journal of development of the International Science*, N 52/2020, 2020, pp. 55-59.
7. ONORM B 2440:1998 04 01 Road markings – Requirements for the material and its application, 01.04.1998, 14 p.

Рецензент: Ю.Э. Васильев, д-р техн. наук, проф., МАДИ