УДК 656.13.08:65.012.12

© Е. В. Куракина, канд. техн. наук, доцент
© Д. А. Лутов, ассистент
© У. Н. Мейке, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: elvl_86@mail.ru, deniss777@list.ru,
ulyana.meike@ya.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183

© E. V. Kurakina, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© D. A. Lutov, assistant lecturer
© U. N. Meike, post-graduate student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: elvl_86@mail.ru, deniss777@list.ru,
ulyana.meike@ya.ru

ОЦЕНКА УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ И ФАКТОРОВ РИСКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ASSESSMENT OF THE ROAD MAINTENANCE AND RISK FACTORS OF AUTOMOBILE ROADS

Обоснована необходимость выполнения оценки уровня содержания автомобильных дорог, выявления факторов риска последних, а также определения вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий, связанной с показателями геометрии объектов дорожной среды, технико-эксплуатационными и транспортно-эксплуатационными условиями, состоянием и уровнем содержания дорог. Приведена формула расчета вероятности возникновения ДТП при определенных обстоятельствах на эксплуатируемом участке автомобильной дороги. Предложен алгоритм оценки уровня содержания и факторов риска автомобильных дорог. Обоснована необходимость применения качественного, полуколичественного и количественного методов для оценки риска и определения уровня риска ДТП.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, автомобильная дорога, риск, факторы риска, место концентрации ДТП.

The article substantiates the need to assess the road maintenance level, the identification of risk factors, as well as the necessity to determine the probability of road traffic accidents associated with the geometry of the road environment objects, technical, operational and transport conditions, the state and level of road maintenance. The authors submit the calculation formula of probability of road accident occurrence under certain circumstances on the operated site of the highway. An algorithm for assessing the level of maintenance and the risk factors at automobile roads is proposed. The necessity of applying the high-quality, semi-quantitative and quantitative methods for risk assessment and determination of the road accident risk level is substantiated.

Keywords: road traffic accident, automobile road, risk, risk factors, the place of road traffic accident concentration.

Статистические показатели аварийности на автомобильном транспорте по-прежнему имеют зависимый характер от результата взаимодействия компонентов подсистемы «Водитель–Автомобиль–Дорога–Среда» (ВАДС). Проведенный анализ показателей дорожно-транспортной аварийности за последние 10 лет свидетельствует о некотором улучшении ситуации с безопасностью дорожного движения (БДД) в Российской Федерации благодаря снижению числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Однако несмотря на определенные позитивные изменения в статистике уровень ДТП в стране остается достаточно высоким — каждое десятое

ДТП со смертельным исходом [1, 2]. Всего на улицах и дорогах страны зарегистрировано более 69,5 тыс. случаев ДТП, в которых погибло более 6,9 тыс. чел. и получили ранения разной степени тяжести свыше 88,5 тыс. чел. Сравнительные результаты аварийности за 6 месяцев 2018 г. и аналогичный период 2017 г. представлены на рис. 1.

Результаты проведенного исследования показали, что на дорогах почти в 40 % случаев ДТП выявляются недостатки транспортно-эксплуатационного состояния улично-дорожной сети. При этом за последние 10 лет удельная доля таких аварий увеличилась более чем в 2 раза (на 63,3 %). При анализе статистических данных

Рис. 1. Показатели аварийности за 6 месяцев 2017 и 2018 г.

было выявлено, что до 20–25 % всех ДТП происходят из-за неудовлетворительного состояния подсистемы «дорога». Данный факт зачастую основывается на том, что действия водителя при возникновении аварийно-опасной дорожно-транспортной ситуации (ДТС) направлены на предотвращение ДТП в целях снижения тяжести последствий аварии, её влияния на жизнь и здоровье участвующих в ДТП людей. В таких ситуациях водитель не способен провести анализ и учесть состояние и качество подсистемы «дорога», а также определить особенности взаимодействия подсистем «автомобиль–дорога». В большинстве случаев водитель концентрирует внимание на управлении транспортным средством, заключающемся в подавляющем большинстве случаев в экстренном или рабочем торможении транспортного средства (ТС) [3, 4].

Возникновению аварийно-опасной обстановки способствуют факторы риска подсистемы «дорога», а именно [3]:

- наличие дефектов эксплуатационного состояния дорожного покрытия проезжей части и обочин, технических средств организации дорожного движения (ТСОДД) и инженерного оборудования дорог, снижающих БДД;
- состояние покрытия автомобильной дороги, её геометрии и придорожная обстановка не соответствует требованиям [5];

- наличие на дороге сложных сочетаний геометрических элементов, приводящих к неравномерности режимов движения транспортных средств [6];

- несоответствие расстояния видимости проезжей части, а следовательно, и встречных ТС на кривых в плане и в продольном профиле дороги;

- нарушение зрительной плавности трассы и ясности дальнейшего направления дороги [7];

- уровень содержания автомобильных дорог не соответствует действующим требованиям;

- планировка с существующими схемами организации дорожного движения на разделениях, слияниях и пересечениях транспортных потоков на пересечениях и примыканиях дорог, не отвечают установленным требованиям и интенсивности движения [5];

- неполное оборудование или отсутствие пешеходных переходов в необходимых местах;

- недостаточное освещение в местах движения пешеходов и остановках маршрутных ТС или же его отсутствие.

Факторы риска могут привести к возникновению участков концентрации ДТП вследствие отклонения показателей геометрии объектов дорожной среды (ГОДС), технико-эксплуатационных (ТехЭУ) и транспортно-эксплуатационных (ТрЭУ) условий, состояния и уровня содержания дорог от нормативных зна-

чений, допускаемых по условиям безопасности движения, особенно если воздействие этих факторов имеет длительный характер [5].

Повысить качество и безопасность подсистемы «дорога» возможно с помощью своевременного контроля, диагностики и оценки состояния дорожного покрытия, прочности дорожных одежд, анализу ДТП, в том числе на аварийно-опасных участках (АОУ), то есть комплексного исследования, тем самым снизив уровень аварийности, а также разработав эффективные

меры по реконструкции или ремонту автомобильных дорог (рис. 2) [8]. В алгоритме оценки уровня содержания и факторов риска автомобильных дорог заключены: N_i — число полос движения; $\text{Ш}_{\text{кр.п}}$ — ширина краевой полосы, м; $\text{Ш}_{\text{укр.п}}^{\text{об}}$ — ширина укрепительной полосы обочины, м; $\text{Ш}_{\text{р.п}}^{\text{ц}}$ — ширина центральной разделительной полосы, м; $\text{П}_{\text{укр}}^{\text{об}}$ — укрепительная полоса обочины, м; $\text{П}_{\text{ост}}$ — остановочная полоса, м; i — продольный уклон, промилле; $i_{\text{поп}}$ — поперечный уклон, промилле; $i_{\text{в}}$ — уклон на вираже, промил-

Рис. 2. Алгоритм оценки уровня содержания и факторов риска автомобильных дорог

ле; $R_{кр}$ — радиусы кривых в плане, м; $S_{вид}$ — расстояние видимости до объекта, м; $R_{вып}$ — радиус выпуклых кривых в профиле, м; $R_{вог}$ — радиусы вогнутых кривых в профиле, м; Z — конструкция земляного полотна; h_n — высота насыпи, м; h_b — высота выемки, м; $\angle_{отк}$ — уклоны откосов; $I_{ТС}$ — интенсивность движения ТС, авт./сут; $M_1 \div O_2$ — категории ТС от M_1 до O_2 ; V_a — скорость движения ТС, км/ч; $G_{ТС}$ — масса ТС, т; K_3^{I-V} — коэффициент эффективности торможения ТС; $N_{ДТП}$ — число дорожно-транспортных происшествий; $ДТП_{абс}$ — абсолютный показатель аварийности; $ДТП_{отв}$ — относительный показатель аварийности; ϕ — коэффициент сцепления автомобильной шины с дорожным покрытием; k — глубина колеи (колеиность дорожного покрытия), см; ψ — шероховатость дорожного покрытия, средняя высота выступов материала, мкм; ψ_r — шероховатость гидравлическая; E — модуль упругости, МПа [9]; $D_{д.п}$ — дефекты дорожного покрытия; $T_{и.с}$ — искусственные сооружения; $T_{вод}$ — состояние водоотвода; $T_{км}^{ст}$ — наличие километровых столбиков; $T_{осв}$ — наличие освещения; $T_{жд}$ — наличие пересечений с железнодорожным переездом; ТСОД — оснащённость техническими средствами организации движения [10, 14].

Параметры состояния подсистемы «дорога» характеризуют степень пригодности к эксплуатации и безотказной работоспособности на автомобильных дорогах и позволяют функционировать подсистеме в безопасном и безаварийном режимах [11, 12].

Для оценки риска применяются качественные, полуколичественные и количественные методы, посредством которых можно определить уровень риска ДТП. Качественные методы оценки риска базируются на специальных вспомогательных средствах, таких как анкеты, бланки, опросные листы. Эти методы можно применять в тех случаях, когда они обеспечивают достаточную информацию для принятия решений в рамках процессов и когда имеющихся данных для количественной оценки недостаточно. Полуколичественная оценка применяется для определения суммарного влияния нескольких факторов риска, параметры которых выражены в различных размерностях. Количественные методы обеспечивают эффективную оценку вероятности

и тяжести последствий опасных событий, а также косвенных параметров риска (полей допусков, среднего квадратического отклонения или коэффициента вариации).

При инженерных расчётах допускается различать четыре качественных уровня риска возникновения ДТП: маловероятный, теоретически возможный, фактически возможный и с высокой долей вероятности.

При анализе риска нужно сопоставлять фактические значения показателей риска на этапе эксплуатации с проектными значениями, учитывая нормативные значения допусков, размеров и предельных отклонений параметров [6, 13]. Согласно ГОСТ Р 58137–2018 Дороги автомобильные общего пользования. Руководство по оценке риска в течение жизненного цикла, четыре уровня риска возникновения ДТП и их особенности представлены в табл. 1.

Фактически возможное количество ДТП на автомобильных дорогах вне населённых пунктов с пострадавшими на 1 млн авт.-км (Z_Θ) на участке автомобильной дороги вычисляют по формуле

$$Z_\Theta = \frac{n \cdot 10^6}{N \cdot L \cdot T \cdot 365},$$

где n — фактическое количество ДТП с пострадавшими на участке автомобильной дороги за расчётный период, случаев; N — среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут; L — протяжённость участка автодороги, км; T — число лет в расчётном периоде (для автомагистралей, скоростных дорог, дорог обычного типа I–III категории — 3 года, IV категории — 5 лет).

Граничные значения фактического количества ДТП с пострадавшими на 1 млн авт.-км на автомобильных дорогах вне населённых пунктов приведены в табл. 2.

Для выполнения качественной оценки фактических значений характеристик состояния дорожной инфраструктуры необходимо выполнить сравнение имеющихся показателей с эталонными, то есть утверждёнными нормативными документами. Этот процесс разрешает ввести предпосылки и моменты, основавшие аварийно-опасную ситуацию. К примеру, первопричина аварий — присутствие недостатков покрытия (ямы, выбоины), геометрические характеристики коих не отвечают притязаниям нормативно-правовых документов (НПД). В данном случае

Таблица 1

Уровень риска возникновения ДТП

Уровень	Соответствие дорожного покрытия требованиям ГОСТ	Ограничение или прекращение движения ТС	Вероятность возникновения ДТП при наличии продольных и/или поперечных неровностей	ДТП с недостатками транспортно-эксплуатационного состояния	Места концентрации ДТП
Оптимальный	+	Не требуется	$<10^{-4}$	–	–
Допустимый	+/-	Не требуется	$<10^{-4}$	Отсутствуют	Отсутствуют
Практически возможный	+/-	Временное ограничение или прекращение движения ТС	От 10^{-4} до 10^{-3}	Зафиксированы	Отсутствуют
Критический	+/-	Необходимость прекращения движения ТС	$<10^{-3}$	Зафиксированы	Зафиксированы

вина может быть возложена на организацию или же службы, вовремя не устранившие критические недостатки на опасном участке. Несвоевременное выполнение регламентных работ по содержанию дорожного покрытия в зимний период (гололед, снег), повысит риск появления ДТП. Таким образом, фиксация характеристик и высококачественный анализ места ДТП является необходимым условием при формировании данных о ДТП, материалов дела [10, 14].

Присутствие колеи, прогибов дорожного покрытия, изменение его состояния в процессе эксплуатации также содействует подъему аварийности. Повторяющийся контроль и оценка технического состояния эксплуатируемых дорожных покрытий — неотъемлемое условие для обеспечения работоспособного состояния и пропускной возможности дорог. Наиболее обоснована надобность проведения дорожно-

транспортного изучения и как итог — оценка состояния дорожного покрытия и определение остаточного срока службы дорожного покрытия [10, 14]. Для выявления аварийно-опасных участков автомобильных дорог предложены следующие критерии:

- степень опасности участков дорог;
- уровень стабильности аварийности;
- безопасные условия движения;
- срок службы дорожного покрытия [10, 14].

Определение риска аварийности основано на установке факторов риска, способствующих возникновению аварийно-опасной ситуации. К исследуемым факторам риска относят параметры состояния дорожной инфраструктуры, представленные выше, и условия их эксплуатации (временной период, погодные-климатические и пространственные условия). Таким образом, чем больше исследовано и получено фактиче-

Таблица 2

Качественный уровень риска при эксплуатации участка АД

Уровень	Граничные значения фактического количества ДТП с пострадавшими на 1 млн авт.-км		
	Многополосные с разделительной полосой	Многополосные без разделительной полосы	Двухполосные
Допустимый	От 0,06 до 0,18 включ.	От 0,14 до 0,30 включ.	От 0,14 до 0,35 включ.
Практически возможный	Св. 0,18 до 0,3 включ.	Св. 0,30 до 0,45 включ.	Св. 0,35 до 0,55 включ.
Критический	Св. 0,3	Св. 0,45	Св. 0,55

ских значений, тем полнее и точнее результаты, определяемые риск возникновения аварийной ситуации, ДТП и вариантов решений по их ликвидации.

Библиографический список

1. Кравченко П. А. Организация и безопасность дорожного движения в больших городах // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 1 (64). С. 1–2.
2. Куракина Е. В. О эффективности проведения исследований мест концентрации ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 2 (67). С. 231–237. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-231-237.
3. Куракина Е. В. Исследование сцепных характеристик дорожного покрытия при автотехнической экспертизе ДТП // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 5 (52). С. 216–223.
4. Лутов Д. А. Шиманова А. А. Перспективные направления совершенствования системы обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Вестник гражданских инженеров, 2018. № 2 (67). С. 238–245.
5. Справочная энциклопедия дорожника. Т. II. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Росавтодор – МАДИ (ГТУ) Кафедра строительства и эксплуатации дорог.
6. Pavel Pribyl, Alexander Novikov, Victoria Vasileva, Andrei Katunin ITS Control of Highways Capacity // Transportation Research Procedia, Vol. 20, 2017. Pp. 468–473. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.076.
7. Grigory Ginzburg, Sergei Evtiukov, Ilya Brylev, Sergei Volkov Reconstruction of Road Accidents Based on Braking Parameters of Category L3 Vehicles // Transportation Research Procedia 2017. Pp. 212–218. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.054.
8. Evtiukov S., Kurakina E., Lukinskiy V., Ushakov A. Methods of accident reconstruction and investigation given the parameters of vehicle condition and road environment // Transportation Research Procedia, Vol. 20, 2017. Pp. 185–192. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.049.
9. Лазарев Ю. Г., Петухов П. А., Широких М. В. Формирование методики оценки точности (надежности) проектирования дорожных одежд нежесткого типа // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 38–46.
10. Kurakina E., Evtiukov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads // Architecture and Engineering. 2017. № 2 (3). С. 34–42. <http://aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/120>. DOI:10.23968/2500-0055-2017-2-3-34-42.
11. Лутов Д. А., Петрова М. А., Курмыса Н. Ю. Анализ существующей системы обеспечения безо-

пасности дорожного движения в России и перспективные направления ее развития // Международная научно-практическая конференция «Инновации и перспективы развития горного машиностроения и электромеханики» 12–13 апреля 2018: IPDME 2018. Сборник тезисов. Секция «Круглый стол молодых ученых» / под ред. В. В. Максарева; отв. ред. Д. А. Задков. СПб.: Санкт-Петербургский Горный университет, 2018. С. 112–113.

12. Петрова М. А., Лутов Д. А. К вопросу о скоростном режиме на автомобильных дорогах Российской Федерации // Магистратура автотранспортной отрасли: материалы II Всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания». 26–27 октября 2017 г. В 2 ч.; СПбГАСУ. СПб., 2017. Ч. 1. С. 187–193.

13. Ulrich Brannolte, Pavel Pribyl, Valentin Silyanov Simulation of Regional Mortality Rate in Road Accidents // Transportation Research Procedia, Vol. 20, 2017. Pp. 112–124. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.032.

14. Куракина Е. В., Евтюков С. С. Совершенствование системы учета параметров при строительстве автомобильных дорог // Architecture and Engineering, 2017, 2(3), С. 34–42. URL: <http://aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/120/75> DOI: 10.23968/2500-0055-2017-2-3-34-42

References

1. Kravchenko P. A. Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v bol'shikh gorodakh [Organization and road traffic safety in large cities]. Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli – Science and technology in the road industry, 2013, no. 1 (64), pp. 1–2.
2. Kurakina E. V. O ehffektivnosti provedeniya issledovaniy mest kontsentratsii DT [On the effectiveness of studies carried out at places of road traffic accident concentration]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers, 2018, no. 2 (67), pp. 231–237. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-231-237.
3. Kurakina E. V. Issledovanie stepnykh kharakteristik dorozhnogo pokrytiya pri avtotekhnicheskoy ehkspertize DTP [Study on adhesion characteristics of the road surface in auto technical examination of the road traffic accident]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers, 2015, no. 5 (52), pp. 216–223.
4. Lutov D. A. Shimanova A. A. Perspektivnye napravleniya sovershenstvovaniya sistemy obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii [Perspective directions of improving the traffic safety system in the Russian Federation]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers, 2018, no. 2 (67), pp. 238–245.
5. Spravochnaya ehntsiklopediya dorozhnika. T. II. Remont i soderzhanie avtomobil'nykh dorog [Reference

encyclopedia road Builder. Vol. II. Repair and maintenance of roads]. Moscow, Rosavtodor-MADI (GTU) Publ., 1999.

6. Pavel Pribyl, Alexander Novikov, Victoria Vasileva, Andrei Katunin. ITS control of highways capacity. *Transportation Research Procedia*, vol. 20, 2017, pp. 468–473. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.076.

7. Grigory Ginzburg, Sergei Evtiukov, Ilya Brylev, Sergei Volkov. Reconstruction of road accidents based on braking parameters of category I3 vehicles. *Transportation Research Procedia* 2017, pp. 212–218. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.054.

8. Evtiukov S., Kurakina E., Lukinskiy V., Ushakov A. Methods of accident reconstruction and investigation given the parameters of vehicle condition and road environment. *Transportation Research Procedia*, vol. 20, 2017, pp. 185–192. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.049.

9. Lazarev Yu. G., Petukhov P. A., Shirokikh M. V. *Formirovanie metodiki otsenki tochnosti (nadezhnosti) proektirovaniya dorozhnykh odezhd nezhestkogo tipa* [The formation of methodology for assessing the accuracy (reliability) of designing road clothes of non-rigid type]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 2 (55), pp. 38–46.

10. Kurakina E., Evtiukov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads. *Architecture and Engineering*, 2017, no. 2 (3), pp. 34–42. Available at: <http://aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/120>. DOI: 10.23968/2500-0055-2017-2-3-34-42

11. Lutov D. A., Petrova M. A., Kurmysa N. Yu. *Analiz sushchestvuyushchey sistemy obespecheniya bezopasnosti*

dorozhnogo dvizheniya v Rossii i perspektivnye napravleniya ee razvitiya [Analysis of the existing system of traffic safety in Russia and the promising directions of its development]. *Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsii i perspektivy razvitiya gornogo mashinostroeniya i ehlektromekhaniki» 12–13 aprelya 2018* [Proc. of the Int. sci.-pract. conf. “Innovations and prospects of development of mining engineering and electromechanics”, April 12–13, 2018]. St. Petersburg, St. Petersburg Mining University Publ., 2018, pp. 112–113.

12. Petrova M. A., Lutov D. A. *K voprosu o skorostnom rezhime na avtomobil'nykh dorogakh Rossiyskoy Federatsii* [On the issue of the traffic high-speed on the roads of the Russian Federation]. *Trudy II Vserossiyskoy mezhvuzovskoy konferentsii «Magisterskie slushaniya» 26–27 oktyabrya 2017 g.* [Proc. of the II All-Russian inter-university conference “Master’s degree workshop” October 26–27, 2017]. In 2 parts. St. Petersburg, 2017, SPbGASU Publ. Pt.1, pp. 187–193.

13. Ulrich Brannolte, Pavel Pribyl, Valentin Silyanov. Simulation of Regional Mortality Rate in Road Accidents. *Transportation Research Procedia*, vol. 20, 2017, pp. 112–124. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.032.

14. Kurakina E. V., Evtiukov S. S. *Sovershenstvovanie sistemy ucheta parametrov pri stroitel'stve avtomobil'nykh dorog* [Improving the system of accounting in the road construction parameters]. *Architecture and Engineering*, 2017, 2(3), pp. 34–42. Available at: <http://aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/120/75> DOI: 10.23968/2500-0055-2017-2-3-34-42.