

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

2023, Том 10, № 4 / 2023, Vol. 10, Iss. 4 <https://t-s.today/issue-4-2023.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/14SATS423.pdf>

DOI: 10.15862/14SATS423 (<https://doi.org/10.15862/14SATS423>)

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

Анализ геометрических параметров поперечного профиля двухполосных автомобильных дорог с применением теории риска

Гулина Н.Е., Щеголева Н.В., Кузнецов М.С.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия

Автор, ответственный за переписку: Гулина Надежда Евгеньевна, e-mail: GulinaNE@yandex.ru

Аннотация. Вопрос безопасности и пропускной способности на автомобильных дорогах общего пользования часто возникает ввиду остановки на обочинах крупногабаритных автомобилей, таких как автобусы, сельскохозяйственная техника, автопоездов. Это обусловлено количеством логистических перевозок между субъектами Российской Федерации, возросшим последнее время в связи с увеличением количества складов, и, как следствие, увеличением тяжёловесных и крупногабаритных автомобилей. Особенно остро проблема ощущается при большой интенсивности движения, когда на двухполосной дороге в одном поперечном профиле одновременно расположены четыре транспортных средства. В данной статье авторами рассматривается анализ безопасности элементов поперечного профиля автомобильной дороги по обеспечению безопасности дорожного движения при наезде легкового автомобиля на автомобиль, остановленный на обочине с одновременным разъездом на

двухполосной автомобильной дороге с позиции теории риска. Данный подход к методике расчета риска разработан в рамках научного направления «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска». Целью расчета является проверка возможности безопасная остановка крупнотоннажных автомобилей на обочинах дорог II, III и IV категорий на основе риск-ориентированного подхода исходя из нормативных размеров геометрических элементов поперечного профиля автомобильных дорог общего пользования.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения; транспортное средство; разъезд; наезд; обочина; автопоезд; риск дорожных условий; дорожно-транспортное происшествие; габариты автомобиля; поперечный профиль

Geometric parameters analysis of the two-lane motorways cross profile using risk theory

Nadezhda E. Gulina, Natalia V. Shchegoleva, Maxim S. Kuznetsov

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

Corresponding author: Nadezhda E. Gulina, e-mail: GulinaNE@yandex.ru

Abstract. The issue of safety and traffic potential on public motorways often arises due to large-sized vehicles such as buses, agricultural machinery, and road articulated vehicles stopping on the roadsides. This is caused by the number of logistic transportations between the territorial subjects of the Russian Federation, which has increased recently due to the increase in the number of warehouses and, as a consequence, the increase in the number of heavy and full-size vehicles. The problem is especially acute at high traffic intensity, when four vehicles are simultaneously located on a two-lane road in one transverse profile. In this article the authors consider the safety analysis of cross profile elements of a motor road on safety maintenance of road traffic at a collision of a passenger car on the car stopped on the roadside with simultaneous separation on a two-lane motor road from

the position of the risk theory. This approach to the risk calculation methodology is developed within the framework of the scientific direction «Design, construction and operation of motorways under the condition of ensuring traffic safety taking into account the risk theory». The purpose of the calculation is to check the safe stopping possibility of large-tonnage vehicles on roadsides of II, III and IV categories on the basis of risk-oriented approach according to geometric elements normative dimensions of the public roads cross profile.

Keywords: road-traffic safety; vehicle; pass-by; collision; road-side; articulated vehicle; risk of road conditions; road accident; vehicle dimensions; cross profile

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

Использование дорожной сети при перевозке пассажиров и грузов является одним из важнейших элементов в экономической деятельности любого государства. Однако это процесс сопряжен с рядом проблем, особенно когда речь идет о безопасном передвижении крупногабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам [1]. Для решения проблем безопасности необходимо, в том числе, принятие компетентного подхода при проектировании автомобильных дорог. Одна из проблем, связанная с передвижением транспортных средств, лежит в области их скоростного режима [2]. Большое количество обстоятельств делает невозможным поддержание одинаковой скорости на разных участках дорог [3; 4]. Это особенно актуально на автомобильных дорогах при повышенном уровне загрузки в момент остановки большегрузных автомобилей на обочинах автомобильных дорог.

Ограничения на передвижение крупногабаритных автомобилей в России устанавливаются в соответствии с правилами дорожного движения и законодательством в области автомобильного транспорта. На некоторых участках дорог действуют ограничения на максимальный вес транспортных средств, а также на высоту, ширину и длину грузовых автомобилей. Указанные ограничения могут быть связаны с состоянием дорог, транспортным потоком, наличием мостов, тоннелей и т. д. Также для крупногабаритных автомобилей требуется получение специального разрешения на передвижение, которое выдается органами государственного управления транспортом. В целом, ограничения на передвижение большегрузных автомобилей в России являются обязательными для соблюдения и направлены на обеспечение безопасности дорожного движения и сохранность транспортных сооружений [5].

Ежедневно десятки автопоездов останавливаются на обочинах дорог общего пользования для использования при экстренных ситуациях, что создает проблемы для дорожного движения и безопасности на дороге.

Такие ситуации приводят к созданию препятствий на автомобильной дороге и затрудняют проезд других автомобилей. Это не только вызывает проблемы для других водителей, но и приводит к аварийным ситуациям на дороге. Одной из мер по повышению безопасности дорожного движения на двухполосных дорогах является проектирование и строительство обочин, приспособленных к дорожным ситуациям, характерным для отдельных участков дорог [6].

Целью исследования является проверка возможности безопасного размещения большегрузных автомобилей на обочинах двухполосных дорог II, III и IV категорий на основе риск-ориентированного подхода исходя из нормативных размеров геометрических элементов поперечного профиля дорог общего пользования.

В современном обществе безопасность на дороге является одной из наиболее важных задач. В этом отношении, многие страны мира внедряют различные подходы для прогнозирования аварийности на автомобильных дорогах [7–9].

Актуальность исследования состоит в применении риск-ориентированного подхода для всех направлений дорожного хозяйства [10], включая рекомендации для нормирования, проектирования, строительства и эксплуатации (содержания, ремонта, реконструкции) автомобильных дорог (ТР ТС 014/2011 «Технический регламент Таможенного союза. Безопасность автомобильных дорог»). Технический регламент Таможенного союза устанавливает требования к транспортному строительству для обеспечения безопасности дорожного движения, защиты окружающей среды, обеспечения эффективности и устойчивости функционирования транспортной системы [11]. В настоящее время необходимо управлять рисками, возникающими на автомобильных дорогах, используя аналитические методы. Важно контролировать риск, разрабатывая разные способы управления транспортным риском [12].

Методы

Methods

В статье рассматривается комплексный анализ геометрических элементов поперечного профиля автомобильной дороги при наличии трех опасных схем посредством суммарного риска возникновения дорожно-транспортного происшествия (ДТП) [13].

Расчет производился на двухполосных дорогах II, III и IV категорий.

Представлена ситуация, в которой по правой полосе дороги движется легковой автомобиль Renault Clio с расчетной скоростью для условных категорий дороги, а на укрепленной части обочины стоит DAF XF — автопоезд, состоящий из автомобиля-тягача и полуприцепа. По левой полосе дороги движется ГАЗ-33021, в то время как на укрепленной части обочины остановлен автобус MAN. В данной работе рассматривается максимально опасная ситуация, представленная на рисунке 1, в которой четыре автомобиля одновременно находятся в сечении одного поперечного профиля автомобильной дороги.

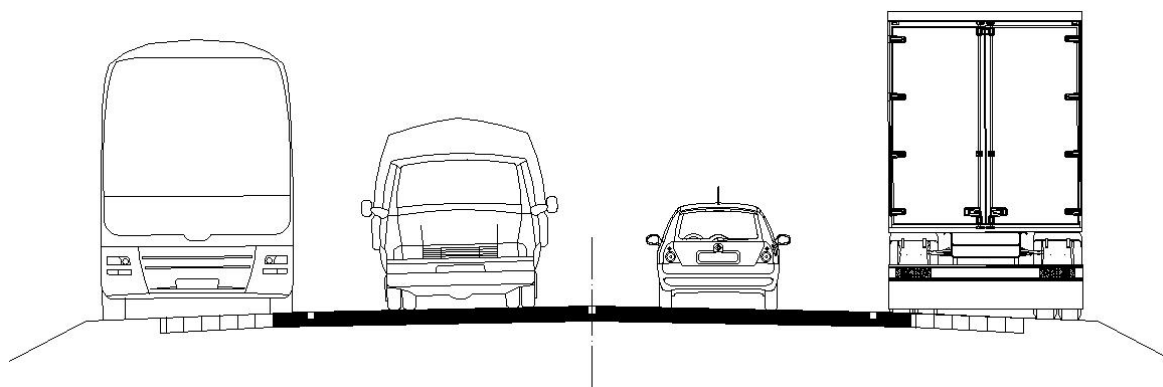


Рисунок 1. Схема расстановки транспортных средств в сечении поперечного профиля автомобильной дороги (рисунок авторов)

Figure 1. Vehicles placement diagram in a cross-sectional profile of a motorway (drawing made by the authors)

Для применения модели, указанной далее, представленную выше схему разделим на три блока (рис. 2 и 2а).

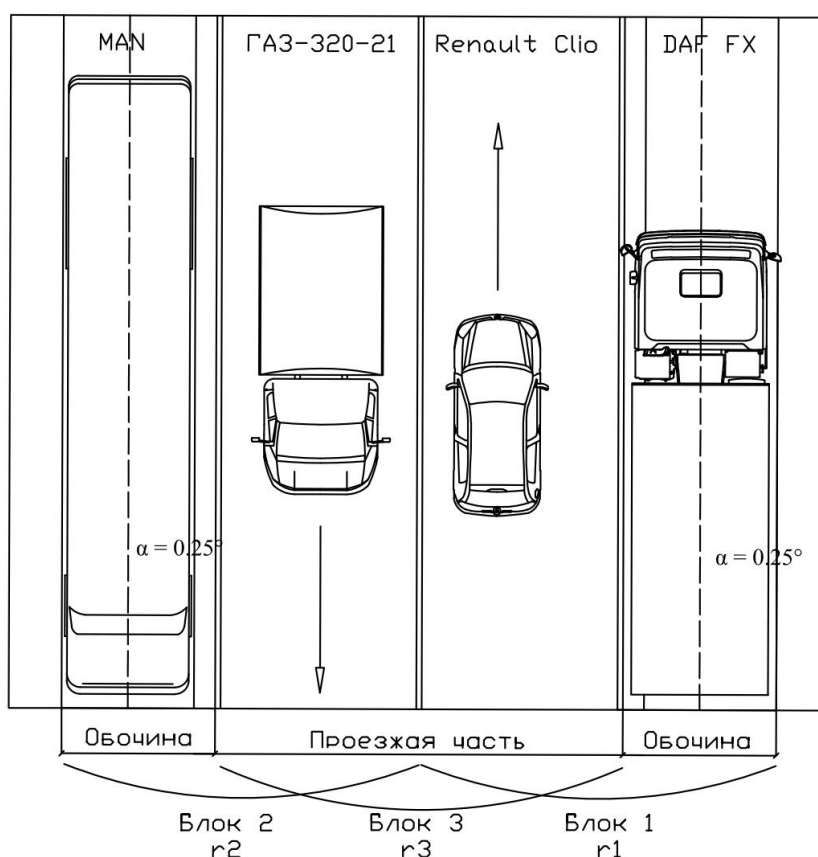


Рисунок 2. Укрупненная схема расстановки транспортных средств на поперечном профиле автомобильной дороги при размещении крупнотоннажных транспортных средств на обочинах под углом $\alpha = 0,25^\circ$ к кромке покрытия (рисунок авторов)

Figure 2. Enlarged vehicle placement diagram on the motorway cross section when large vehicles are placed on the roadside at an angle of $\alpha = 0,25^\circ$ to the edge of the pavement (drawing made by the authors)

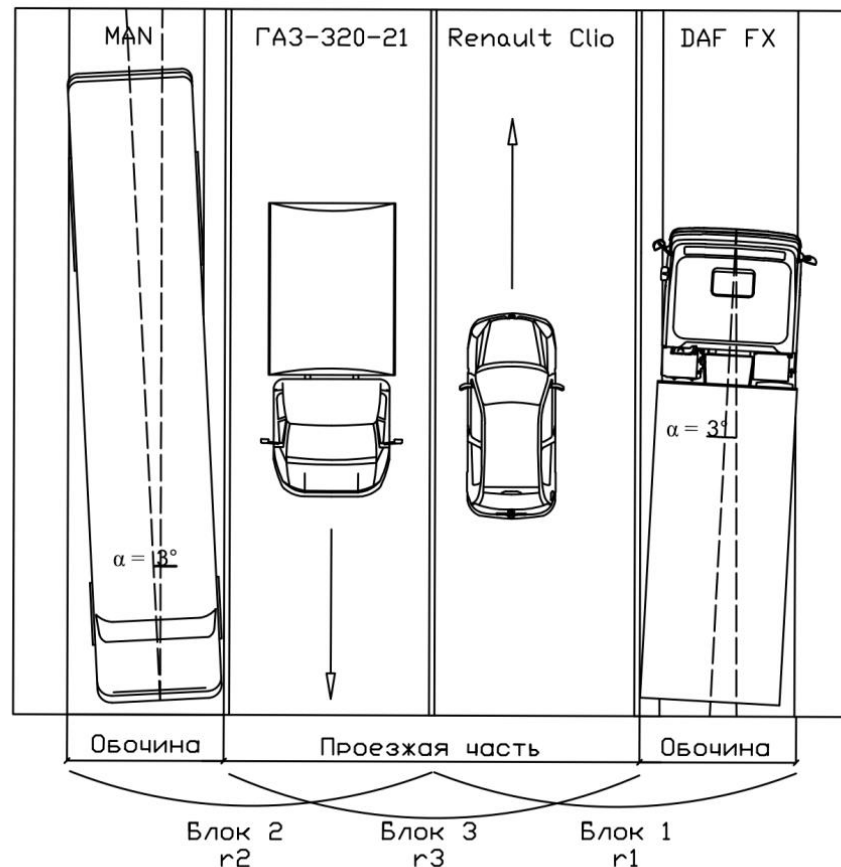


Рисунок 2а. Укрупненная схема расстановки транспортных средств на поперечном профиле автомобильной дороги при размещении крупнотоннажных транспортных средств на обочинах под углом $\alpha = 3^\circ$ к кромке покрытия (рисунок авторов)

Figure 2a. Enlarged vehicle placement diagram on the motorway cross section when large vehicles are placed on roadside at an angle of $\alpha = 3^\circ$ to the pavement edge (drawing made by the authors)

Блок 1: по правой полосе дороги движется легковой автомобиль Renault Clio, а на укрепленной части обочины остановлен автопоезд DAF XF.

В данном блоке рассмотрим два вида расположения транспортного средства на обочине.

Ситуация 1 изображена в правой части рисунка 2. Угол α — угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства (DAF FX), остановленного на обочине равен $0,25^\circ$, что приближено к параллельному размещению оси транспортного средства относительно кромки покрытия (такой угол принимают на прямолинейных участках дороги в плане и на кривых радиусом от 2 000 метров и более, что соответствует исходным данным, показанным в данной статье для параллельного расположения транспортного средства относительно кромки покрытия).

Ситуация 2 изображена в правой части рисунка 2а. Угол α — угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства (DAF FX), остановленного на обочине равен 3° . Предлагаемый угол выбран ввиду того, что в реальных условиях автомобиль практически невозможно поставить параллельно кромке покрытия автомобильной дороги.

Блок 2: по левой полосе дороги движется ГАЗ-33021, в то время как на укрепленной части обочины остановлен автобус MAN.

В данном блоке, аналогично Блоку 1, рассмотрим два вида расположения транспортного средства на обочине.

Ситуация 1 изображена в левой части рисунка 2. Угол α — угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства (MAN), остановленного на обочине равен $0,25^\circ$, что приближено к параллельному размещению оси транспортного средства относительно кромки покрытия.

Ситуация 2 изображена в левой части рисунка 2а. Угол α — угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства (MAN), остановленного на обочине равен 3° . Предлагаемый угол выбран ввиду того, что в реальных условиях автомобиль практически невозможно поставить параллельно кромке покрытия автомобильной дороги.

Блок 3: автомобили Renault Clio и ГАЗ-33021 движутся по полосам дороги навстречу друг другу с расчетными скоростями.

Оценку опасности всего поперечного профиля оцениваем при помощи суммарного риска. В результате деления укрупненной схемы на блоки, в каждом из них рассчитываем риски возникновения дорожно-транспортных ситуаций, позволяющих в конечном счете определить суммарный риск возникновения ДТП в выбранном сечении поперечного профиля автомобильной дороги:

1. r_1 — риск наезда автомобиля, движущегося по правой полосе дороги на автопоезд, остановленный на обочине, соответствующий Блоку 1;
2. r_2 — риск наезда автомобиля, движущегося по левой полосе дороги, на автопоезд, остановленный на обочине, соответствующий Блоку 2;
3. r_3 — риск столкновения автомобилей по условию их разъезда на двухполосной дороге, соответствующий Блоку 3.

Далее опишем математический аппарат, применяемый для расчета суммарного риска на укрупненной схеме по блокам.

Расчет риска наезда автомобиля, движущегося по полосе на автомобиль, остановленный на обочине по исходным данным из Блока 1 и Блок 2 определяется по единому алгоритму [14; 15]:

Риск возникновения ДТП, при движении транспортного средства по правой полосе дороги, когда на обочине имеется остановленное транспортное средство, определяют по формуле:

r_1 или $r_2 =$

$$r_{д.у.} = 0,5 - \Phi \left(\frac{B_0 - B_{0(кр)}}{\sqrt{(\sigma_{B_0}^{доп})^2 + \sigma_{B_{0(кр)}}^2}} \right), \quad (1)$$

где B_0 — общая ширина: правой полосы движения, краевой полосы и укрепленной части обочины, предназначенной для остановки автомобиля. И определяется по формуле:

$$B_0 = B_{п.} + l_{кр} + l_{уко}, \quad (2)$$

$B_{п.}$ — нормированная ширина полосы движения на дороге, м;
 $l_{кр}$ — нормированная ширина краевой полосы обочины, м;
 $l_{уко}$ — нормированная ширина укрепленной части обочины для остановки автомобилей от края проезжей части до ограждения, м.

$B_{0(кр)}$ — критическое значение общей ширины: правой полосы движения, краевой полосы и укрепленной части обочины, при котором риск наезда автомобиля на транспортное средство, остановленное на обочине, равен 50 %, м. Данный параметр рассчитывают по формуле:

$$B_{0(кр)} = \frac{D_1 \cdot V_1}{720} + \frac{a_1 \cdot c_1}{2} + a_2, \quad (3)$$

V_1 — расчетная скорость на данной категории дороги, км/ч; a — ширина транспортного средства; c — колея (в транспорте поперечное расстояние между серединами отпечатков шин на дороге); D — длина транспортного средства; индексом «1» обозначается транспортное средство на проезжей части, индексом «2» — транспортное средство, остановленное на обочине.

$\sigma_{B_0}^{доп}$ — допустимое среднеквадратическое отклонение общей ширины: правой полосы движения, краевой полосы и укрепленной части обочины, м, определяем по формуле:

$$\sigma_{B_0}^{доп} = 2,45 \cdot \Delta_{доп} \cdot \left(\frac{B_0}{d} \right)^2, \quad (4)$$

$\Delta_{доп}$ — допустимое (предельное) отклонение общей ширины: полосы движения, краевой полосы и укрепленной части обочины от проектной

ширины этих элементов поперечного профиля на нормированном расстоянии d между поперечниками ($\Delta_{\text{доп}} = 0,14$ м), м; d — нормированное (допустимое) расстояние между поперечниками (м), через которое фактическое отклонение при приёмке дороги в эксплуатацию не должно превышать предельное отклонение общей ширины полосы движения, краевой полосы и укрепленной части обочины.

Значение параметра $d(m)$ определяется в зависимости от расчетной скорости движения (табл. 1) на данной категории дороги по выражению:

$$d = k * V_p, \quad (5)$$

Таблица 1 / Table 1

Значение коэффициента k

Coefficient k value

Категория дороги / <i>Motorway category</i>	II	III	IV
Скорость автомобиля, км/ч / <i>Vehicle speed, km/h</i>	120	100	80
Количество полос / <i>Number of lanes</i>	2	2	2
k	0,104	0,104	0,104

[14]

$\sigma_{B_{0(kp)}}$ — среднеквадратическое отклонение критического значения общей ширины: правой полосы движения, краевой полосы и укрепленной части обочины, м:

$$\sigma_{B_{0(kp)}} = \frac{D_1 \cdot V_1}{2160} + D_2 \cdot \sin \alpha, \quad (6)$$

α — угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства, остановленного на обочине, градусы.

Риск столкновения автомобилей по условию их разъезда на двухполосной дороге по исходным данным из Блока 3 определяется по формулам для расчета риска возникновения ДТП по условию разъезда автомобилей на двухполосной дороге [16]:

$$B_{kp} = \frac{D_1 \cdot V_1}{720} + \frac{a_1 \cdot c_1}{2} + \frac{D_3 \cdot V_3}{720} + \frac{a_3 \cdot c_3}{2}, \quad (7)$$

$$\sigma_{B_{kp}} = \frac{\sqrt{(D_1 \cdot V_1)^2 + (D_3 \cdot V_3)^2}}{2160}, \quad (8)$$

$$\sigma_{B_{пп}}^{\text{доп}} = 2,45 \cdot \Delta_{\text{доп}} \cdot \left(\frac{B_{пп}}{d} \right)^2, \quad (9)$$

$\Delta_{\text{доп}}$ — допустимое (предельное) отклонение ширины покрытия относительно проектной ширины покрытия ($\Delta_{\text{доп}} = 0,14$ м), м; $B_{пп}$ — проектная ширина покрытия (включает в себя ширину проезжей части и ширину краевых укрепленных полос), м; d — нормированное (допустимое) расстояние между поперечниками (м), через которое

фактическое отклонение при приёмке дороги в эксплуатацию не должно превышать предельное отклонение ширины покрытия.

Значение параметра d определяется в зависимости от расчетной скорости движения по формуле:

$$d = 0,104 * V_p, \quad (10)$$

где V_p — расчетная скорость на данной категории дороги, км/ч.

Риск разъезда автомобилей, движущихся со скоростями V_1 и V_3 :

$$r_3 = r_{д.у.} = 0,5 - \Phi \left(\frac{B_{ПР} - B_{КР}}{\sqrt{(\sigma_{B_{ПР}}^{доп})^2 + (\sigma_{B_{КР}})^2}} \right), \quad (11)$$

Суммарный риск возникновения ДТП в заданном сечении поперечного профиля автомобильной дороги определяется по следующим формулам:

$$r_{1,2} = r_1 + r_2 - r_1 \cdot r_2, \quad (12)$$

$$r_{1,2,3} = r_{1,2} + r_3 - r_{1,2} \cdot r_3. \quad (13)$$

Результаты

Results

Нормированные значения ширины полос движения, обочины (краевая полоса + укрепленная часть обочины) для каждой категории дороги взяты по ГОСТ 33475-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования» (табл. 2). Скорости движения на правой и левой полосах принимались расчетными.

Таблица 2 / Table 2

Параметры основных элементов проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог. ГОСТ 33475-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования»

Main elements parameters of the motorways carriageway and roadbed. GOST 33475-2015 «Public motorways. Geometric elements. Technical requirements»

Категория дороги / Motorway category	II	III	IV
Ширина полосы / Lane width	3,75	3,5	3
Ширина обочины, м / Roadside width, m	3	2,5	2
Ширина укрепленной части обочины, всего, м / Width of the roadside's reinforced part, total, m	2	1,5	1
Ширина краевой полосы у обочины / Edge lane width at the roadside	0,5	0,5	0,5

Согласно СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги», автомобильные дороги общего пользования предназначены для пропуска автомобилей:

- по длине одиночных автомобилей — до 12 м и автопоездов — до 20 м, по ширине — до 2,55 м;
- по высоте — до 4 м для дорог категорий I-IV.

Габаритные характеристики транспортных средств приведены в таблице 3.

Таблица 3 / Table 3

Параметры автомобилей

Vehicle parameters

Параметры автомобиля Vehicle parameters	На правой стороне проезжей части (Renault Clio) On the right side of the carriageway (Renault Clio)	На правой обочине (DAF XF) On the right roadside (DAF XF)	На левой стороне проезжей части (ГАЗ-33021) On the left side of the carriageway (GAZ-33021)	На левой обочине (MAN) On the left side of the carriageway (MAN)
Ширина, м Width, m	$a_1 = 1,798$ м	$a_2 = 2,490$ м	$a_3 = 2,066$ м	$a_4 = 2,500$ м
Колея, м Wheel track, m	$c_1 = 1,509$ м	—	$c_3 = 1,700$ м	—
Длина, м Length, m	$D_1 = 4,050$ м	$D_2 = 8,770$ м	$D_3 = 5,480$ м	$D_4 = 11,675$ м

Разработано авторами / Developed by the authors

Используя описанный выше математический аппарат и исходные данные (нормативные параметры поперечного профиля автомобильной дороги, расчетную скорость и известные параметры автомобилей), выполним расчет суммарного риска возникновения опасной ситуации на поперечном профиле автомобильной дороги II технической категории:

1. Анализируем ситуацию 1, где угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортных средств, остановленных на обочинах равен $0,25^\circ$;
2. Анализируем ситуацию 2, где угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортных средств, остановленных на обочинах равен 3° .

Ситуация 1. $\alpha = 0,25^\circ$.

По Блоку 1 для правой стороны автомобильной дороги II технической категории (Renault Clio и DAF FX) используем формулы (1)–(6):

$$B_0 = B_{\text{п}} + l_{\text{кр}} + l_{\text{уко}} = 3,75 + 0,5 + 2 = 6,25 \text{ м},$$

$$B_{0(\text{кр})} = B_{0(\text{кр})} = \frac{D_1 \cdot V_1}{720} + \frac{a_1 \cdot c_1}{2} + a_2 = \frac{4,050 \cdot 120}{720} + \frac{1,798 \cdot 1,509}{2} + 2,490 = 4,522 \text{ м},$$

$$d = k * V_p = 0,104 * 120 = 12,48 \text{ м},$$

$$\sigma_{B_0}^{\text{доп}} = 2,45 \cdot \Delta_{\text{доп}} \cdot \left(\frac{B_0}{d}\right)^2 = 2,45 \cdot 0,14 \cdot \left(\frac{6,25}{12,48}\right)^2 = 0,0860,$$

$$\sigma_{B_{0(\text{кр})}} = \frac{D_1 \cdot V_1}{2160} + D_2 \cdot \sin \alpha = \frac{4,050 \cdot 120}{2160} + 8,770 \cdot \sin(0,25^\circ) = 0,26.$$

Риск наезда автомобиля, движущегося по левой полосе дороги, на автопоезд, остановленный на обочине:

$$r_{\text{д.у.}} = r_1 = 0,5 - \Phi \left(\frac{B_0 - B_{0(\text{кр})}}{\sqrt{(\sigma_{B_0}^{\text{доп}})^2 + \sigma_{B_{0(\text{кр})}}^2}} \right) = 0,5 - \Phi \left(\frac{6,25 - 4,522}{\sqrt{(0,0860)^2 + 0,26^2}} \right) = 0.$$

По Блоку 2 для левой стороны автомобильной дороги II технической категории (ГАЗ-33021 и MAN) используем формулы (1)–(6):

$$B_0 = B_{\text{п}} + l_{\text{кр}} + l_{\text{уко}} = 3,75 + 0,5 + 2 = 6,25 \text{ м},$$

$$B_{0(\text{кр})} = B_{0(\text{кр})} = \frac{D_3 \cdot V_3}{720} + \frac{a_3 \cdot c_3}{2} + a_4 = \frac{5,480 \cdot 120}{720} + \frac{2,066 \cdot 1,700}{2} + 2,5 = 5,17 \text{ м},$$

$$d = k \cdot V_p = 0,104 \cdot 120 = 12,48 \text{ м},$$

$$\sigma_{B_0}^{\text{доп}} = 2,45 \cdot \Delta_{\text{доп}} \cdot \left(\frac{B_0}{d}\right)^2 = 2,45 \cdot 0,14 \cdot \left(\frac{6,25}{12,48}\right)^2 = 0,086,$$

$$\sigma_{B_{0(\text{кр})}} = \frac{D_3 \cdot V_3}{2160} + D_4 \cdot \sin \alpha = \frac{5,480 \cdot 120}{2160} + 11,675 \cdot \sin(0,25^\circ) = 0,36.$$

Риск наезда автомобиля, движущегося по левой полосе дороги, на автобус, остановленный на обочине:

$$r_{\text{д.у.}} = r_2 = 0,5 - \Phi \left(\frac{B_0 - B_{0(\text{кр})}}{\sqrt{(\sigma_{B_0}^{\text{доп}})^2 + \sigma_{B_{0(\text{кр})}}^2}} \right) = 0,5 - \Phi \left(\frac{6,25 - 5,17}{\sqrt{(0,0860)^2 + 0,36^2}} \right) = 0,0015623.$$

По Блоку 3 при разезде автомобилей на двухполосной дороге II технической категории (Renault Clio и ГАЗ-32021) используем формулы (7)–(11):

$$B_{\text{кр}} = \frac{D_1 \cdot V_1}{720} + \frac{a_1 \cdot c_1}{2} + \frac{D_3 \cdot V_3}{720} + \frac{a_3 \cdot c_3}{2} = \frac{4,050 \cdot 120}{720} + \frac{1,798 \cdot 1,509}{2} + \frac{5,480 \cdot 120}{720} + \frac{2,066 \cdot 1,700}{2} = 5,13,$$

$$\sigma_{B_{\text{кр}}} = \frac{\sqrt{(D_1 \cdot V_1)^2 + (D_3 \cdot V_3)^2}}{2160} = \frac{\sqrt{(4,050 \cdot 120)^2 + (5,480 \cdot 120)^2}}{2160} = 0,38,$$

$$\sigma_{B_{\text{пп}}}^{\text{доп}} = 2,45 \cdot \Delta_{\text{доп}} \cdot \left(\frac{B_{\text{пп}}}{d}\right)^2 = 2,45 \cdot 0,060 \cdot 8,5 = 0,07,$$

$$d = 0,104 \cdot V_p = 0,104 \cdot 120 = 12,48,$$

$$r_{\text{д.у.}} = r_3 = 0,5 - \Phi \left(\frac{B_{\text{пп}} - B_{\text{кр}}}{\sqrt{(\sigma_{B_{\text{пп}}}^{\text{доп}})^2 + (\sigma_{B_{\text{кр}}})^2}} \right) = 0,5 - \Phi \left(\frac{8,5 - 5,13}{\sqrt{0,07^2 + 0,38^2}} \right) = 0.$$

Величина **суммарного риска** на автомобильной дороге II категории в **ситуации 1** по формулам (12), (13):

$$r_{1,2} = r_1 + r_2 - r_1 \cdot r_2 = 0 + 0,0015623 - 0 \cdot 0,0015623 = 0,0015623,$$

$$r_{1,2,3} = r_{1,2} + r_3 - r_{1,2} \cdot r_3 = 0,0015623 + 0 - 0,0015623 \cdot 0 = 0,0015623.$$

Ситуация 2. Увеличим угол α до 3° .

По **Блоку 1** для правой стороны автомобильной дороги II технической категории (Renault Clio и DAF FX) используем формулы (1)–(6):

$$B_0 = B_{\text{п}} + l_{\text{кр}} + l_{\text{уко}} = 3,75 + 0,5 + 2 = 6,25 \text{ м},$$

$$B_{0(\text{кр})} = B_{0(\text{кр})} = \frac{D_1 \cdot V_1}{720} + \frac{a_1 \cdot c_1}{2} + a_2 = \frac{4,050 \cdot 120}{720} + \frac{1,798 \cdot 1,509}{2} + 2,490 = 4,522 \text{ м},$$

$$d = k \cdot V_p = 0,104 \cdot 120 = 12,48 \text{ м},$$

$$\sigma_{B_0}^{\text{доп}} = 2,45 \cdot \Delta_{\text{доп}} \cdot \left(\frac{B_0}{d}\right)^2 = 2,45 \cdot 0,14 \cdot \left(\frac{6,25}{12,48}\right)^2 = 0,086,$$

$$\sigma_{B_{0(\text{кр})}} = \frac{D_1 \cdot V_1}{2160} + D_2 \cdot \sin \alpha = \frac{4,050 \cdot 120}{2160} + 8,770 \cdot \sin(3^\circ) = 0,68.$$

Риск наезда автомобиля, движущегося по левой полосе дороги, на автопоезд, остановленный на обочине:

$$r_{\text{д.у.}} = r_1 = 0,5 - \Phi\left(\frac{B_0 - B_{0(\text{кр})}}{\sqrt{(\sigma_{B_0}^{\text{доп}})^2 + \sigma_{B_{0(\text{кр})}}^2}}\right) = 0,5 - \Phi\left(\frac{6,25 - 4,522}{\sqrt{(0,0860)^2 + 0,68^2}}\right) = 0,0060844.$$

По **Блоку 2** для левой стороны автомобильной дороги II технической категории (ГАЗ-33021 и MAN) используем формулы (1)–(6):

$$B_0 = B_{\text{п}} + l_{\text{кр}} + l_{\text{уко}} = 3,75 + 0,5 + 2 = 6,25 \text{ м},$$

$$B_{0(\text{кр})} = B_{0(\text{кр})} = \frac{D_3 \cdot V_3}{720} + \frac{a_3 \cdot c_3}{2} + a_4 = \frac{5,480 \cdot 120}{720} + \frac{2,066 \cdot 1,700}{2} + 2,5 = 5,17 \text{ м},$$

$$d = k \cdot V_p = 0,104 \cdot 120 = 12,48 \text{ м},$$

$$\sigma_{B_0}^{\text{доп}} = 2,45 \cdot \Delta_{\text{доп}} \cdot \left(\frac{B_0}{d}\right)^2 = 2,45 \cdot 0,14 \cdot \left(\frac{6,25}{12,48}\right)^2 = 0,0860,$$

$$\sigma_{B_{0(\text{кр})}} = \frac{D_3 \cdot V_3}{2160} + D_4 \cdot \sin \alpha = \frac{5,480 \cdot 120}{2160} + 11,675 \cdot \sin(3^\circ) = 0,92.$$

Риск наезда автомобиля, движущегося по левой полосе дороги, на автобус, остановленный на обочине:

$$r_{\text{д.у.}} = r_2 = 0,5 - \Phi\left(\frac{B_0 - B_{0(\text{кр})}}{\sqrt{(\sigma_{B_0}^{\text{доп}})^2 + \sigma_{B_{0(\text{кр})}}^2}}\right) = 0,5 - \Phi\left(\frac{6,25 - 5,17}{\sqrt{(0,0860)^2 + 0,92^2}}\right) = 0,1199637.$$

По Блоку 3 при разезде автомобилей на двухполосной дороге II технической категории (Renault Clio и ГАЗ-32021) в расчет не учитывается стоящий на обочине автомобиль, поэтому возьмем результат вычисления, соответствующий ситуации 1:

$$r_{д.у.} = r_3 = 0.$$

Величина **суммарного риска** на автомобильной дороге II категории в **ситуации 2** по формулам (12), (13):

$$r_{1,2} = r_1 + r_2 - r_1 \cdot r_2 = 0,0060844 + 0,1199637 - 0,0060844 \cdot 0,1199637 = 0,1253,$$

$$r_{1,2,3} = r_{1,2} + r_3 - r_{1,2} \cdot r_3 = 0,1253 + 0 - 0,1253 \cdot 0 = 0,1253.$$

Результаты расчетов для II технической категории указывают на то, что в ситуации 1, где угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства равен $0,25^\circ$ суммарный риск равен 0,0015623, соответственно эксплуатация автомобильной дороги с расчетной скоростью опасна, так как превышает значение допустимого риска $1 \cdot 10^{-4}$. В то же время в ситуации 2, где угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства равен 3° суммарный риск равен 0,1, что значительно превышает значение допустимого риска $1 \cdot 10^{-4}$. Следовательно, анализируемые параметры поперечного профиля автомобильной дороги не обеспечивают безопасный проезд представленных автомобилей с расчетной скоростью в случае двусторонней остановки крупнотоннажных транспортных средств на обочинах.

Аналогично расчетам для II категории автомобильной дороги, были проведены расчеты для автомобильных дорог III и IV категорий в двух вариантах остановки транспортных средств на обочинах. Результаты вычислений приведены в таблицах 4–7.

Таблица 4 / Table 4

Результаты расчетов риска возникновения ДТП, при движении транспортного средства по правой полосе дороги (Renault Clio), когда на обочине имеется остановленное транспортное средство (прицеп DAF XF) для автомобильных дорог различных категорий

Calculations results of the risk of accidents, when a vehicle is travelling on the right lane of the road (Renault Clio), when there is a stopped vehicle on the roadside (DAF XF trailer) for motorways of different categories

α	$0,25^\circ$			3°		
Категория дороги / Road category	II	III	IV	II	III	IV
$V, \text{ км/ч } / V, \text{ km/h}$	120	100	80	120	100	80
$B_0, \text{ м}$	6,25	5,5	4,5	6,25	5,5	4,5
$\sigma_{доп B_0}, \text{ м}$	0,09	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1
$B_{0(кр)}, \text{ м}$	4,522	4,41	4,3	4,522	4,41	4,3
$\sigma_{B_{0(кр)}}, \text{ м}$	0,26	0,23	0,19	0,68	0,65	0,61
$\Gamma_{ду} (I)$	0	0,0000043	0,1701765	0,0060844	0,0475421	0,3708629

Разработано авторами / Developed by the authors

Таблица 5 / Table 5

Результаты расчетов риска возникновения ДТП, при движении транспортного средства по левой полосе дороги (ГАЗ-33021), когда на обочине имеется остановленное транспортное средство (MAN) для автомобильных дорог различных категорий

Calculations results of risk of accident occurrence, when a vehicle moves on the left lane of the road (GAZ-33021), when there is a stopped vehicle (MAN) on the roadside for motorways of different categories

α	0,25°			3°		
Категория дороги / Road category	II	III	IV	II	III	IV
V, км/ч / V, km/h	120	100	80	120	100	80
B ₀ , м	6,25	5,5	4,5	6,25	5,5	4,5
$\sigma_{доп B_0}$, м	0,09	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1
B _{о(кр)} , м	5,17	5,02	4,87	5,17	5,02	4,87
$\sigma_{B_0(кр)}$, м	0,36	0,30		0,92	0,87	
$\Gamma_{ду}(2)$	0,0015623	0,0653195		0,119963739	0,289478066	

Разработано авторами / Developed by the authors

Таблица 6 / Table 6

Результаты расчетов риска возникновения ДТП при разезде автомобилей на двухполосной дороге (Renault Clio и ГАЗ-32021)

Calculations results of accident risk when cars separate on a dual carriageway (Renault Clio and GAZ-32021)

Категория дороги / Road category	II	III	IV
V, км/ч / V, km/h	120	100	80
B, м	8,5	8	7
B _{кр} , м	5,13	4,86	4,6
$\sigma_{B_{кр}}$, м	0,38	0,32	0,256
$\Gamma_{ду}(3)$	0	0	0

Разработано авторами / Developed by the authors

Таблица 7 / Table 7

Величина суммарного риска при сочетании 3 опасных параметров (при движении транспортного средства по правой полосе дороги (Renault Clio), когда на обочине имеется остановленное транспортное средство (прицеп DAF XF), при движении транспортного средства по левой полосе дороги (ГАЗ-33021), когда на обочине имеется остановленное транспортное средство (MAN) и при разезде автомобилей на двухполосной дороге (Renault Clio и ГАЗ-32021)

The total risk value for the combination of 3 hazardous parameters (when the vehicle is travelling in the right lane (Renault Clio), when there is a stopped vehicle on the roadside (DAF XF trailer), when the vehicle is travelling in the left lane (GAZ-33021), when there is a stopped vehicle on the roadside (MAN), and when the vehicles separate on a dual carriageway (Renault Clio and GAZ-32021)

α	0,25°			3°		
Категория дороги / Road category	II	III	IV	II	III	IV
V, км/ч / V, km/h	120	100	80	120	100	80
$\Gamma_{ду}(1,2,3)$	0,0015623	0,065324		0,125318	0,323258	

Разработано авторами / Developed by the authors

На этапе расчета общей ширины (B_0) и критического значения общей ширины ($B_{o(кр)}$), при котором риск наезда автомобиля на транспортное средство, остановленное на обочине, равен 50 %, получены следующие результаты: критическая ширина превышает фактическое значение общей ширины, из чего следует, то, что нахождение в одном поперечном профиле автомобильной дороги транспортных средств с данным набором параметров транспортных средств (длины, ширины и колеи) недопустимо на автомобильной дороге IV категории, другими словами, при указанных параметрах с вероятностью 100 % произойдет ДТП.

Анализируя полученные результаты, представленные в таблице 7, видно, что при расчете риска наезда ГАЗ-33021 на автобус MAN на автомобильной дороге IV категории величину суммарного риска математически определить невозможно, так как формула суммарного риска включает в себя риски на трех блоках, а риск ситуации изображенной в Блоке 2 не рассчитывается, как описано выше, но исходя из внутренних параметров формулы (1) стремится к 1. При ситуации 2, где угол между направлением кромки покрытия (касательной к кромке) и осью транспортного средства, остановленного на обочине равен 3° , недопустимые риски фиксируются также и на автомобильных дорогах II и III технических категорий. Соответственно, необходимо рекомендовать изменение геометрических параметров поперечного профиля для двухголосных автомобильных дорог IV, III и II технических категорий, а именно увеличения укрепленной части обочины с учетом применения теории риска или рекомендовать на обследованном участке дороги установку запрещающих дорожных знаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Wang, Y.** Interpreting risk factors for truck crash severity on mountainous freeways in Jiangxi and Shaanxi, China / Y. Wang, Y. Luo, F. Chen. — DOI <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0366-4> // European Transport Research Review. — 2019. — Т 11. — С. 26 (2019). — URL: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-019-0366-4>. (дата обращения: 01.12.2023).
2. **Ameri, M.** Determination the capacity of two-lane suburban roads with neural networks and effect of speed on level of service / M. Ameri, R. Moayedfar, F. Jafari. — DOI <https://doi.org/10.1007/s12544-013-0096-y> // European Transport Research Review. — 2013. — Т 5. — С. 179–184. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12544-013-0096-y>. (дата обращения: 08.12.2023).
3. **Watson, D.C.** Examining the effect of speed, roadside features, and roadway geometry on crash experience along a rural corridor / D.C. Watson, A. Al-Kaisy, N.D. Anderson. — DOI <https://doi.org/10.1007/s40534-014-0040-4> // Journal of Modern Transportation. — 2014. — Т 22. — С. 84–95. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-014-0040-4>. (дата обращения: 08.12.2023).
4. **Шопшекбаев, Г.Б.** О влиянии дорожных условий на совершения дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования / Г.Б. Шопшекбаев, Р.К. Киялбаева, Е.М. Адильдабеков // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры имени Н. Исанова. — 2016. — № 2. — С. 59–64. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27514081>. — EDN XECJAV. (дата обращения: 01.12.2023).

5. Возмещение ущерба, причиненного автомобильным дорогам тяжеловесными транспортными средствами / Н.В. Щеголева, А.В. Кочетков, В.В. Задворнов [и др.] // Грузовик. — 2019. — № 3. — С. 35–40. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39146861>. — EDN CHJEIE. (дата обращения: 08.12.2023).
6. **Gitelman, V.** The influence of shoulder characteristics on the safety level of two-lane roads: A case-study / V. Gitelman, E. Doveh, R. Carmel, S. Hakkert. — DOI <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.003> // Accident Analysis & Prevention. — 2019. — Т 122. — С. 108–118. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457518307723>. (дата обращения: 08.12.2023).
7. **Cheng, G.** Risk evaluation method for highway roadside accidents / G. Cheng, R. Cheng, S. Zhang, X. Sun. — DOI <https://doi.org/10.1177/1687814018821743> // Advances in Mechanical Engineering. — 2019. — Т 11. — № 1. — С. 1687814018821743. — URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1687814018821743>. (дата обращения: 08.12.2023).
8. **Ambros, J.** An international review of challenges and opportunities in development and use of crash prediction models / J. Ambros, C. Jurewicz, S. Turner [и др.]. — DOI <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0307-7> // European Transport Research Review. — 2018. — Т 10. — С. 35 (2018). — URL: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0307-7>. (дата обращения: 08.12.2023).
9. **Ambros, J.** Safety assessment of Czech motorways and national roads / J. Ambros, R. Turek, M. Brich [и др.]. — DOI <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0328-2> // European Transport Research Review. — 2019. — Т 11. — С. 1 (2019). — URL: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0328-2>. (дата обращения: 08.12.2023).
10. **Кокодеева, Н.Е.** Теория риска в техническом регулировании дорожного хозяйства: монография / Н.Е. Кокодеева, В.В. Столяров. — Саратов: Научная книга, 2011. — 356 с. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23510212>. (дата обращения: 01.12.2023). — EDN TUMIFF.
11. Отраслевая система управления риском в техническом регулировании транспортного строительства / А.В. Кочетков, С.Ю. Андронов, Н.В. Щеголева [и др.] // Строительные материалы. — 2018. — № 5. — С. 61–67. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35104777>. — EDN XQONDV. (дата обращения: 01.12.2023).
12. **Щеголева, Н.В.** Вероятностный подход при определении ущерба при авариях на автомобильных дорогах / Н.В. Щеголева, В.В. Прусс // Техническое регулирование в транспортном строительстве. — 2016. — № 5. — С. 21–24. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27687194>. — EDN XHWVWT. (дата обращения: 04.12.2023).
13. Научные основы оценки и расчета технических рисков в техническом регулировании дорожного хозяйства / А.В. Кочетков, Ю.Э. Васильев, Ш.Н. Валиев [и др.] // Интернет-журнал Науковедение. — 2017. — Т 9. — № 5. — С. 77TVN517. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32234897>. — EDN YKWGVO. (дата обращения: 11.12.2023).
14. **Столяров, В.В.** Примеры расчёта геометрических транспортно-эксплуатационных и прочностных параметров автомобильных дорог на основе теории риска монография: Ч. I. проектирование / В.В. Столяров, Н.В. Щеголева, Н.Е. Кокодеева, А.В. Кочетков. — Под общ. ред. В.В. Столярова. — Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т., 2017. — 272 с.
15. **Акулова, Н.Е.** Обследование автомобильной дороги с применением систем спутниковой навигации / Н.Е. Акулова, Н.В. Щеголева, В.В. Столяров // Техническое регулирование в транспортном строительстве. — 2023. — № 1. — С. 6–12. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45546158>. — EDN SBSNXM. (дата обращения: 11.12.2023).
16. **Столяров, В.В.** Теория риска в судебно-технической экспертизе дорожно-транспортных происшествий (+ABS) / В.В. Столяров. — Саратов: MapK, 2010. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19825264>. (дата обращения: 11.12.2023). — EDN QRVTDN.

Сведения об авторах:

Гулина Надежда Евгеньевна — аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия, e-mail: GulinaNE@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1078144

Щеголева Наталья Вячеславовна — кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия, e-mail: Shegoleva123@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=668391

Кузнецов Максим Сергеевич — аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия, e-mail: kuznethov97@mail.ru

Статья получена: 15.12.2023. Принята к публикации: 10.03.2024. Опубликовано онлайн: 24.03.2024.

REFERENCES

1. Wang Y., Luo Y., Chen F. Interpreting risk factors for truck crash severity on mountainous freeways in Jiangxi and Shaanxi, China. *European Transport Research Review*. 2019; 11: 26 (2019). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0366-4>.
2. Ameri M., Moayedfar R., Jafari F. Determination the capacity of two-lane suburban roads with neural networks and effect of speed on level of service. *European Transport Research Review*. 2013; 5: 179–184. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s12544-013-0096-y>.
3. Watson D.C., Al-Kaisy A., Anderson N.D. Examining the effect of speed, roadside features, and roadway geometry on crash experience along a rural corridor. *Journal of Modern Transportation*. 2014; 22: 84–95. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s40534-014-0040-4>.
4. Shopshebaev G.B., Kiyalbaeva R.K., Adilbekov E.M. On The Influence of The Road Conditions on The Commission of Road Traffic Accidents on Public Motor Roads. *The Herald Of Kyrgyz State University Of Construction, Transport And Architecture Named After N.Isanov*. 2016; (2): 59–64. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27514081> (accessed 01st December 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
5. Shchegoleva N.V., Kochetkov A.V., Zadvornov V.V. et al. Practice of Consideration of Cases on Compensation for Damage Caused to Roads by Vehicles Carrying Out Transportation of Heavy Goods. *Truck*. 2019; (3): 35–40. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39146861> (accessed 08th December 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
6. Gitelman V., Doveh E., Carmel R., Hakkert S. The influence of shoulder characteristics on the safety level of two-lane roads: A case-study. *Accident Analysis & Prevention*. 2019; 122: 108–118. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.003>.
7. Cheng G., Cheng R., Zhang S., Sun X. Risk evaluation method for highway roadside accidents. *Advances in Mechanical Engineering*. 2019; 11(1): 1687814018821743. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1177/1687814018821743>.
8. Ambros J., Jurewicz C., Turner S. et al. An international review of challenges and opportunities in development and use of crash prediction models. *European Transport Research Review*. 2018; 10: 35 (2018). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0307-7>.
9. Ambros J., Turek R., Brich M. et al. Safety assessment of Czech motorways and national roads. *European Transport Research Review*. 2019; 11: 1 (2019). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0328-2>.
10. Kokodeyeva N.E., Stolyarov V.V. [Risk theory in technical regulation of road facilities: monograph]. Saratov: Nauchnaya kniga; 2011. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23510212> (accessed 01st December 2023). (In Russ.).
11. Kochetkov A.V., Andronov S.Yu., Shchegoleva N.V. et al. A Branch System of Risk Control in Technical Regulation of Transport Construct. *Stroitel'nye Materialy — Construction Materials*. 2018; (5): 61–67. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35104777> (accessed 01st December 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
12. Shchegoleva N.V., Pruss V.V. Probabilistic Approach to Determining Damages in Case of Accident on The Road. *Technical regulation in transport construction*. 2016; (5): 21–24. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27687194> (accessed 04th December 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
13. Kochetkov A.V., Vasil'ev Yu.E., Valiyev Sh.N. et al. Scientific bases of an assessment and calculation of technical risks in technical regulation of road economy. *Naukovedenie*. 2017; 9(5): 77TVN517. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32234897> (accessed 11th December 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

14. Stolyarov V.V., Shchegoleva N.V., Kokodeyeva N.E., Kochetkov A.V. Primery rascheta geometricheskikh transportno-ekspluatatsionnykh i prochnostnykh parametrov avtomobil'nykh dorog na osnove teorii riska monografiya: Ch. I. proyektirovaniye [Examples of calculating geometric transport, operational and strength parameters of highways based on risk theory monograph: Part I. design]. Saratov: Yuri Gagarin State Technical University of Saratov; 2017. Available at: (accessed). (In Russ.).
15. Akulova N.E., Shchegoleva N.V., Stolyarov V.V. A Survey of Roads with The Use of Satellite Navigation Systems. *Technical regulation in transport construction*. 2023; (1): 6–12. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45546158> (accessed 11th December 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
16. Stolyarov V.V. [Risk theory in forensic technical examination of road accidents (+ABS)]. Saratov: MarK; 2010. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19825264> (accessed 11th December 2023). (In Russ.).

Information about the authors:

Nadezhda E. Gulina — Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia,
e-mail: GulinaNE@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1078144

Natalia V. Shchegoleva — Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia,
e-mail: Shchegoleva123@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=668391

Maxim S. Kuznetsov — Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia,
e-mail: kuznethov97@mail.ru

Submitted: 15th December 2023. Revised: 10th March 2024. Published online: 24th March 2024.