

Научная статья
УДК 656.13(571.150)
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-5-714-725>
EDN: BCXWHL



ФАКТОРЫ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ АВАРИЙНОСТИ В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ

Е.В. Печатнова¹ ✉, И.А. Новиков², И.И. Кирюшин³, Н.Н. Нагорный⁴

¹Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

²Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия

³Барнаульский юридический институт МВД России,
г. Барнаул, Россия

⁴Сибирский юридический институт МВД России,
г. Красноярск, Россия

✉ ответственный автор
phukcia@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Аварийность в городах и вне населенных пунктов имеет свои особенности, которые исследуются в различных работах. Однако изменение характеристик транспортного, пешеходного потока, структуры улично-дорожной среды отмечаются не сразу после пересечения границы города. Расчеты показывают, что именно в пригородной зоне отмечается наибольшая плотность ДТП, а также высокая доля аварийно-опасных участков. Также в последнее время отмечается усиление процесса субурбанизации, что приводит к увеличению пригородных зон. В связи с этим оценка влияния различных факторов на аварийность в границах пригородных территорий является актуальной научной задачей. Цель работы – исследование влияния факторов внешней среды на аварийность в пригородной зоне на примере г. Барнаула.

Материалы и методы. Исследование проведено на примере пригородной зоны г. Барнаула, границы которой установлены согласно транспортной методике. Эмпирической основой работы выступили данные о ДТП, зафиксированные на отрезках федеральных автомобильных дорог в границах пригородной зоны в период с 2018 по 2023 г. Для каждого ДТП из выборки определен период суток и погодные условия (температура воздуха, количество осадков и скорость ветра). Для определения характера влияния выбранных факторов применена теория относительного риска.

Выводы. В результате исследования выделены особенности аварийности в пригородной зоне в сравнении с загородными и городскими дорогами. Также выявлен характер влияния группы основных внешних факторов: периоды суток и погодные условия. Среди периодов суток представлены день, гражданские, навигационные, астрономические сумерки и ночь. В рамках погодных условий проанализированы температура воздуха, количество осадков и скорость ветра.

Рамки исследования/возможность последующего использования результатов научной работы. Результаты исследования могут применяться при дальнейшем комплексном исследовании аварийности в пригородных зонах крупных городов.

Практическое значение. Выявленные особенности аварийности и зависимости относительного риска возникновения ДТП в пригородной зоне от внешних факторов могут использоваться при проведении превентивных мероприятий на улично-дорожной сети, а также при развитии интеллектуальных транспортных систем.

Оригинальность. Впервые определены зависимости относительного риска возникновения ДТП в пригородной зоне в результате действия группы основных факторов внешней среды (периода суток и погодных условий).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пригородная зона, безопасность дорожного движения (БДД), дорожно-транспортные происшествия (ДТП), относительный риск, риск возникновения ДТП, федеральные автомобильные дороги

© Печатнова Е.В., Новиков И.А., Кирюшин И.И., Нагорный Н.Н., 2024



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

БЛАГОДАРНОСТИ: авторы выражают благодарность редакции журнала «Вестник СиБАДИ» и рецензентам статьи.

Статья поступила в редакцию 09.08.2024; одобрена после рецензирования 16.09.2024; принята к публикации 17.10.2024.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Печатнова Е.В., Новиков И.А., Кирюшин И.И., Нагорный Н.Н. Факторы дорожно-транспортной аварийности в пригородной зоне // Вестник СиБАДИ. 2024. Т. 21, № 5. С. 714-725. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-5-714-725>

Original article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-5-714-725>

EDN: BCXWHL

FACTORS CONTRIBUTING TO ROAD TRAFFIC ACCIDENTS IN SUBURBAN AREAS

Elena V. Pechatnova¹ ✉, Ivan A. Novikov², Ivan I. Kiryushin³, Nikolay N. Nagorny⁴

¹Polzunov Altai State Technical University,
Barnaul, Russia

²Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Belgorod, Russia

³Barnaul Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia Federation,
Barnaul, Russia

⁴Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Krasnoyarsk, Russia

✉ corresponding author
phukcia@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. Accidents in cities and outside populated areas have their own characteristics, which have been studied in various works. However, changes in the characteristics of traffic, pedestrian flows, and those of the street and road environment structure usually are not observed on crossing the city boundaries. Calculations show that it is in the suburban zone that the highest accident density is estimated, as well as a high proportion of accident-hazardous areas. Besides, there has been an increase in the suburbanization process, which leads to the growth of suburban areas. In this regard, assessing the impact of various factors on accidents within the suburban boundaries is an urgent research task. The aim of the study is to investigate the influence of environmental factors on accidents in suburban areas (the city of Barnaul is observed as an example).

Materials and methods. In this study the suburban zone of Barnaul was considered as an example, the boundaries of the zone being defined according to the transport methodology. The empirical basis of the work was data on accidents that were recorded for the sections of federal highways within the boundaries of the suburban zone in the period from 2018 to 2023. For each accident from the sample, the period of day and weather conditions (air temperature, precipitation rate and wind speed) were determined. The relative risk theory was used to assess the influence of the factors selected.

Conclusions. The study identified the distinctive features of accidents in suburban areas in comparison with those of suburban and urban road conditions. The influence of the group of key external factors was also assessed: periods of the day and weather conditions. Among the former, day, civil, navigational, astronomical twilight and night periods were distinguished. As for the latter, air temperature, precipitation rate and wind speed were analyzed. Limitations of the study /implications for future research. The results of the study can be used in further comprehensive research of accidents in suburban areas of large cities.

Practical implications. The identified features of accidents and the dependence of the relative risk of accidents in the suburban area on external factors can be used for preventive measures development, as well as in the development of intelligent transport systems.

© Pechatnova E.V., Novikov I.A., Kiryushin I.I., Nagorny N.N., 2024



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Originality. For the first time, the dependences of the relative risk of accidents in the suburban area as a result of a group of key environmental factors (period of the day and weather conditions) were determined.

KEYWORDS: suburban area, road safety, road traffic accidents, relative risk, risk of road accidents, federal roads

ACKNOWLEDGMENTS: the authors would like to express their gratitude to the editorial staff of the Russian Automobile and Highway Industry Journal and to the reviewers of the manuscript.

The article was submitted 09.08.2024; approved after reviewing 16.09.2024; accepted for publication 17.10.2024.

All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Pechatnova E.V., Novikov I.A., Kiryushin I.I., Nagorny N.N. Factors contributing to road traffic accidents in suburban areas. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2024; 21 (5): 714-725. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2024-21-5-714-725>

ВВЕДЕНИЕ

Характеристики транспортного потока, условий движения, придорожной среды, плотность застройки являются группой факторов, влияющей на безопасность дорожного движения [1, 2]. Структура ДТП, факторы и причины аварийности на дорогах вне городов и населенных пунктов существенно отличаются от соответствующего распределения в региональных центрах, что связано с различными условиями дорожного движения. В связи с этим, при исследовании процессов аварийности, выделяют загородный и городской режимы движения. Очевидно, что такое изменение в условиях безопасности движения происходит на некотором расстоянии от регионального центра, и поэтому дорожное движение в пригородных зонах имеет свои особенности [3].

Исследование процессов формирования аварийности в пригородной зоне имеет большое значение в связи с большой плотностью ДТП на единицу протяженности дороги. Так расчеты, проведенные на примере Алтайского края, показали следующее. Риск возникновения ДТП на 1 км дороги в пригородной зоне г. Барнаула составляет 0,75 ДТП/год; в самом г. Барнауле – 0,55 ДТП/год, вне населенных пунктов на автомобильных дорогах федерального значения – 0,28 ДТП/год. Приведенные значения свидетельствуют о том, что участки УДС в пригородной зоне потенциально являются местами концентрации ДТП, что подтверждено в предыдущих исследованиях [4]. Высокие значения плотности ДТП обуславливаются негативным сочетанием параметров движения: присущие городу пересечения транспортных, пешеходных потоков, наличие большого числа объектов притяжения, движение пешеходов вдоль проезжей части сочетаются со свойственной загородным участкам

высокой скоростью движения. Это приводит к тому, что водители не всегда имеют достаточное количество времени для реагирования на опасные ситуации.

Кроме того, актуальность исследования аварийности в пригородной зоне подтверждается усиливающимся процессом субурбанизации [5, 6, 7]. В настоящее время для большинства крупных городов России характерно развитие пригородов и переселения части населения в них [8, 9, 10].

Несмотря на актуальность проблемы, исследование характеристик аварийности в основном проводится на примере городских участков или за пределами населенных пунктов, без выделения пригородных зон. Только отдельные исследования посвящены данной теме. Так, в работе [11] дан анализ факторов аварийности в городской и пригородной зоне, в частности приведено сравнение нарушений ПДД: невнимательность и несоблюдение очередности проезда были ведущими причинами ДТП как в городском, так и пригородном режиме, однако в пригородных зонах значительную долю составили несоблюдение дистанции и поворот в запрещенном месте. В исследовании [12] отмечена проблема аварийности с участием мотоциклов в пригороде г. Бангкока, проведен ее анализ. Исследовано влияние факторов, связанных с водителем-виновником, дорожными характеристиками и окружающей средой на тяжесть последствий ДТП на пригородных дорогах провинции Керман в работе [13]; указывается, что дорожный фактор имеет наибольшее значение. Похожая цель поставлена в работе [14], отмечено, что превышение допустимой скорости, дождливая погода и возраст водителя в интервале от 30 до 50 лет являются основными причинами, увеличивающими тяжесть последствий ДТП.

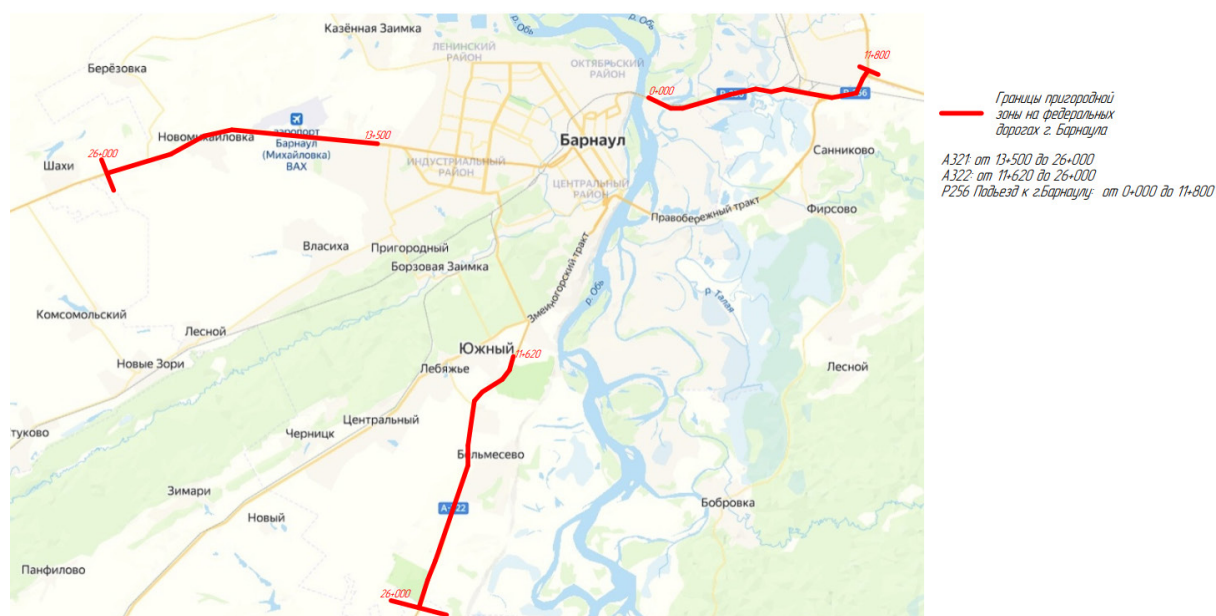


Рисунок 1 – Границы пригородной зоны г. Барнаула на автомобильных дорогах федерального значения
 Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Boundaries of Barnaul suburban area on federal roads
 Source: compiled by the authors.

В перечисленных и других работах [15, 16, 17] отмечается, что характер влияния основных факторов на аварийность в пригородной зоне имеет свои значимые особенности. Выполненный краткий аналитический обзор позволил подтвердить актуальность исследования условий аварийности в пригородной зоне.

Цель работы – исследование влияния факторов внешней среды на аварийность в пригородной зоне на примере г. Барнаула.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения работы первой задачей являлось определение границ пригородной зоны. Для решения данной задачи выбрана транспортная методика – по конечным остановкам транспорта, осуществляющего перевозку пассажиров, по регулярным маршрутам выявлена пригородная зона [18].

Исследование проведено на примере участков автомобильных дорог федерального значения (ФАД) в пригородной зоне г. Барнаула, выбрано три направления: в сторону с. Павловск (дорога А-321), в сторону г. Алейска, г. Рубцовска (дорога А-322), в сторону г. Новоалтайска (дорога Р-256, подъезд к

г. Барнаулу). Границы пригородной зоны г. Барнаула в соответствии с выбранным подходом представлены на рисунке 1.

Исходные данные о ДТП получены с помощью электронного сервиса stat.gibdd.ru. При обработке информации с сайта составлялась исходная таблица данных, в которой содержались следующие сведения: дата, время, вид ДТП, место (широта, долгота и адрес), км, метр, наименование дороги, число погибших, раненых. Временной период исследования 2018–2023 гг. Общая выборка составила 545 ДТП, из них с пострадавшими 173 ДТП.

В качестве причин аварийности выбрана группа основных факторов внешней среды: период суток и погодные условия.

Сведения о периоде суток в момент каждого ДТП получены с помощью слоя «Карта дня и ночи» на Яндекс. Картах. Периоды суток разделены согласно астрономическому принципу: ночь, астрономические, навигационные и гражданские сумерки, день. Такой подход выбран в связи с тем, что в период сумерек происходит значительное изменение освещенности, что оказывает значительное влияние на видимость.

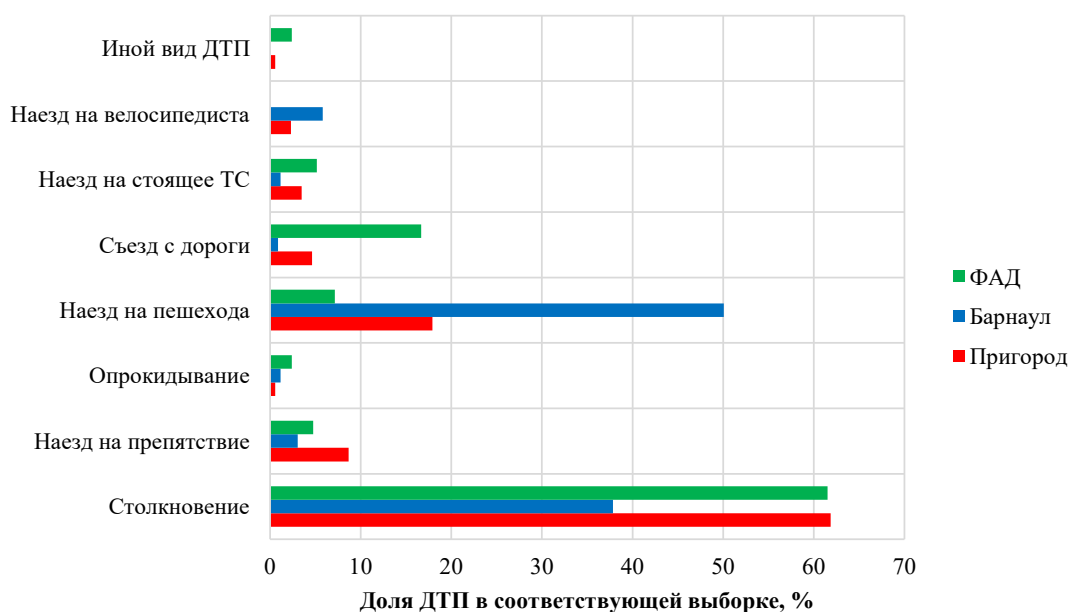


Рисунок 2 – Сравнение распределения ДТП по видам и режимам движения
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Comparison of distribution of road accidents by type and mode of travel
Source: compiled by the authors.

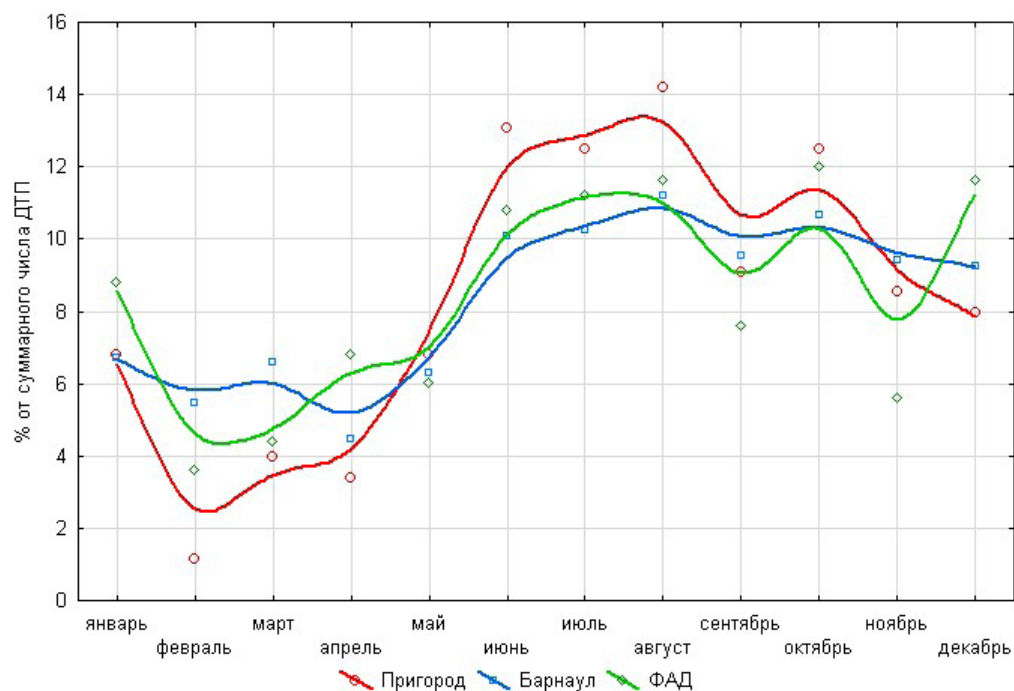


Рисунок 3 – Сравнение распределения ДТП по месяцам и режимам движения
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Comparison of distribution of road accidents by month and mode of travel
Source: compiled by the authors.

Погодные условия в момент каждого ДТП получены с использованием архивной погодной информации. Данные получены с метеостанции Барнаул (Научный городок). Архивные данные представляли собой таблицу с набором наблюдений о температуре воздуха, 2 м над поверхностью земли; скорости ветра на высоте 10–12 м, количестве осадков, мм. Показатели измеряются на метеостанции каждые 3 ч. Для получения данных использовались сведения о дате и времени, определялось ближайшее время наблюдения и показания переносились в таблицу исходных данных.

Таким образом, набор исходных данных представлял собой таблицу данных Excel, используемый для статистической обработки.

Для анализа влияния периода суток и погодных условий применялась теория относительного риска. Основная идея использования этого подхода заключается в расчете отношения частот (частостей) исходов в группе, на которые оказывал влияние изучаемый фактор (выборка ДТП по периодам суток или выборка ДТП по погодным условиям), к частоте исходов в группе, не подвергавшихся влиянию этого фактора (среднее распределение продолжительности периодов суток согласно географическому положению или среднее распределение погодных условий согласно архивным погодным данным) [19]. Величина относительного риска является безразмерной величиной и отражает, во сколько раз изменяется риск возникновения ДТП в результате действия выбранного фактора (увеличивается, если риск более 1, уменьшается, если риск менее 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе проведено сравнение показателей аварийности в трех выборках ДТП: пригородная зона, г. Барнаул, ФАД.

Проанализированы ДТП с пострадавшими по видам ДТП. Результат представлен на рисунке 2.

Анализ показал, что в пригородной зоне доля столкновений равна аналогичной доле на ФАД (62%), однако наезды на пешеходов в пригороде занимают большую часть: 18 против 7% на ФАД, однако меньшую чем в Барнауле (50%). Полученное распределение доказывает значимое различие показателей аварийности в зависимости от режима движения.

Расчет тяжести последствий ДТП показал, что наиболее высокими значениями отличаются ДТП на ФАД: 12,6 погибших на 100 жертв

ДТП (суммарное число погибших и раненых), в пригороде эта величина составляет 9,2, в г. Барнауле – 2,7. При этом в пригороде и в г. Барнауле наибольшее число погибших отмечается при наездах на пешеходов (44 и 52% соответственно – от общего числа погибших), на ФАД – при столкновениях (68% от общего числа погибших).

Осуществлено сравнение распределений ДТП по месяцам, которое показано на рисунке 3. Проведено масштабирование данных: определен вклад каждого месяца (доля, %) в соответствующую аварийность (количество ДТП) в пригородной зоне, г. Барнауле, на ФАД. При построении графика применен метод наименьших квадратов.

Определено, что пригородная зона отличается наибольшим размахом вариации (13 против 7% в г. Барнауле и 8% на ФАД), это говорит о том, что аварийность в рассматриваемой зоне отличается выраженной сезонностью: большая часть ДТП происходит в летнее и осеннее время – период дачных работ и отпусков.

На следующем этапе проведено исследование влияния периода суток и погодных условий на риск возникновения ДТП в пригородной зоне.

Определено количество ДТП с материальным ущербом и с пострадавшими по периодам суток, вычислено процентное соотношение – частость (%). Результаты представлены в таблице.

Проверка согласованности частот с использованием критерия χ^2 показала, что в выборках ДТП с пострадавшими и ДТП с материальным ущербом нет значимых отличий. Это говорит о том, что в пригородной зоне тяжесть последствий ДТП не зависит от периода суток и при расчете относительного риска можно использовать среднее значение частости. С помощью вычисления отношения среднего значения частости в выборке ДТП к соответствующей частости периода суток по географическому расположению определен относительный риск, представленный формулой.

$$R_t = \begin{cases} 1.30, t = Д, \\ 1.59, t = ГС, \\ 1.30, t = НС, \\ 0.86, t = АС, \\ 0.30, t = Н. \end{cases} \quad (10)$$

Таким образом, наибольший риск достигается в дневной период и при гражданских и навигационных сумерках. В ночное время риск снижен.

Таблица

**Распределение ДТП в пригородной зоне по периодам суток
и географическое распределение периодов суток в г. Барнауле**

Источник: составлено авторами.

Table

**Distribution of road accidents in the suburban area by periods
of the day/night-time and geographical distribution of daytime and night-time in Barnaul**

Source: compiled by the authors.

	ДТП в пригородной зоне (частость, %)		Соотношение средней продолжительности согласно географическому расположению (частость, %)
	ДТП с пострадавшими (частость, %)	ДТП с материальным ущербом (частость, %)	
День (Д)	65,34	68,11	51,13
Гражданские сумерки (ГС)	7,95	9,46	5,47
Навигационные сумерки (НС)	9,09	8,92	6,91
Астрономические сумерки (АС)	8,52	5,41	8,12
Ночь (Н)	9,09	8,11	28,36

Сравнение с результатами оценки влияния периода суток на ФАД за пределами населенных пунктов¹ показало значимые различия: в последнем случае ночью и в сумерки относительный риск возникновения ДТП был повышен, в дневное время – снижен (обратная ситуация). Такие результаты могут быть объяснены тем, что основная причина аварийности в пригородной зоне – это пересечение пешеходных потоков с транспортными потоками, автомобили в которых движутся с высокой скоростью. Такая ситуация характерна для светлого времени суток в теплое время года.

Далее проведено аналогичное исследование влияния погодных условий на риск возникновения ДТП в пригородной зоне. Выделены 3 параметра: температура воздуха, количество осадков и скорость ветра. Для вычисления частостей числовая ось метеорологического параметра разбита на интервалы по правилу Стерджесса. В выборке ДТП и в выборке архивной погодной информации определены частоты в каждом интервале, а далее соответствующие частости (%). Затем определен относительный риск с помощью вычисления отношений частостей в выборке ДТП к частостям в выборке архивной погодной информации. Результаты расчета относительного риска представлены графически в виде набора точек с координатами (x; y), где x – середина

интервала, y – значение относительного риска. На соответствующих рисунках указаны аппроксимирующие функции.

На рисунке 4 показаны результаты расчета относительного риска ДТП в зависимости от температуры воздуха.

На графике красными маркерами выделены экстремумы (максимумы) функции в области отрицательных и положительных значений температуры воздуха. Первый локальный максимум наблюдается в области слабо отрицательных значений (переходная температура около 0 °C), что соответствует гололедным явлениям. В области положительных значений риск увеличивается после 15 °C (относительный риск более 1) и достигает максимума при температуре около 25 °C. При сравнении полученных результатов с ранее проведенными исследованиями на примере ФАД за пределами населенных пунктов [20] можно сделать вывод о том, что характер влияния температуры в пригороде и за пределами населенных пунктов похож, но имеет свои особенности. Наиболее значимой особенностью является отсутствие роста относительного риска при экстремально высоких значениях температуры. Это связано с уменьшением интенсивности пешеходного потока.

На рисунке 5 представлены результаты аналогичных расчетов по параметру – количество накопленных осадков.

¹ Печатнова Е. В. Методика обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах федерального значения: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Печатнова Елена Владимировна. Омск, 2021. 171 с.

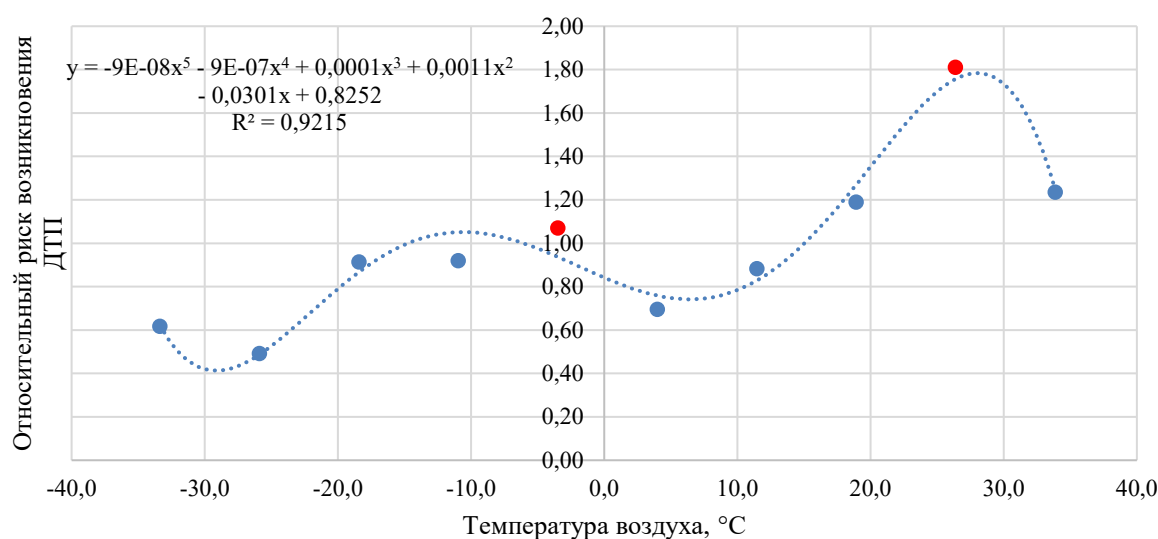


Рисунок 4 – Относительный риск возникновения ДТП в зависимости от температуры воздуха
Источник: составлено авторами.

Figure 4 – Relative risk of road accidents depending on air temperature
Source: compiled by the authors.

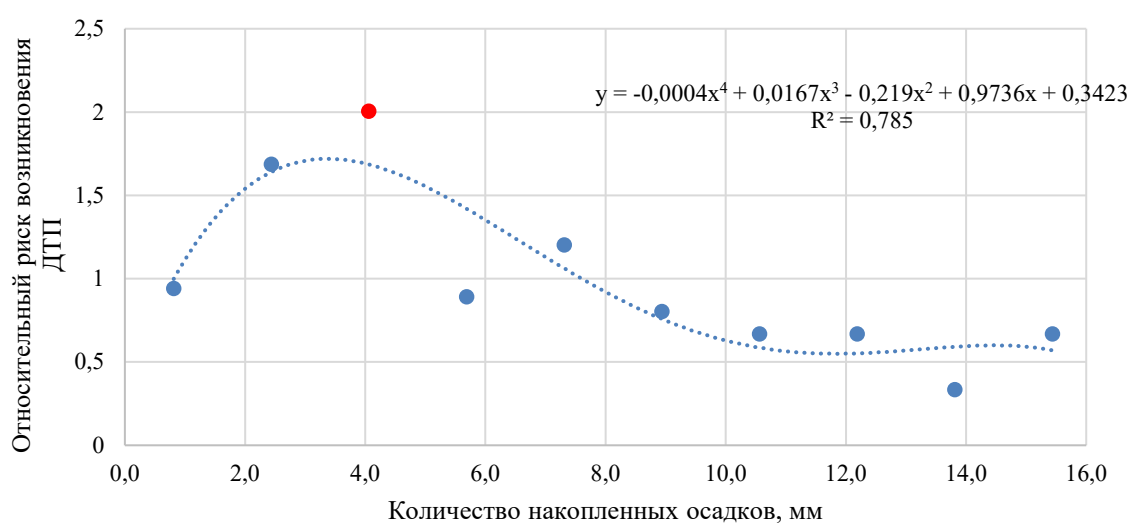


Рисунок 5 – Относительный риск возникновения ДТП в зависимости от количества осадков
Источник: составлено авторами.

Figure 5 – Relative risk of road accidents depending on the amount of precipitation
Source: compiled by the authors.

В данном случае наблюдается один максимум (выделен красным цветом) – около 4 мм, далее отмечается снижение величины относительного риска, при количестве осадков менее 8 мм риск снижается. Сравнение с ранее проведенными исследованиями [20] также показало сходство влияния количества осадков на относительный риск возникновения ДТП, однако в пригородной зоне отсутствует рост его

значений в период экстремальных осадков, что также может быть объяснено снижением транспортной и пешеходной интенсивности движения и соответствующим кратным снижением числа конфликтных ситуаций.

На рисунке 6 даны результаты расчета относительного риска возникновения ДТП в пригородной зоне в зависимости от скорости ветра.

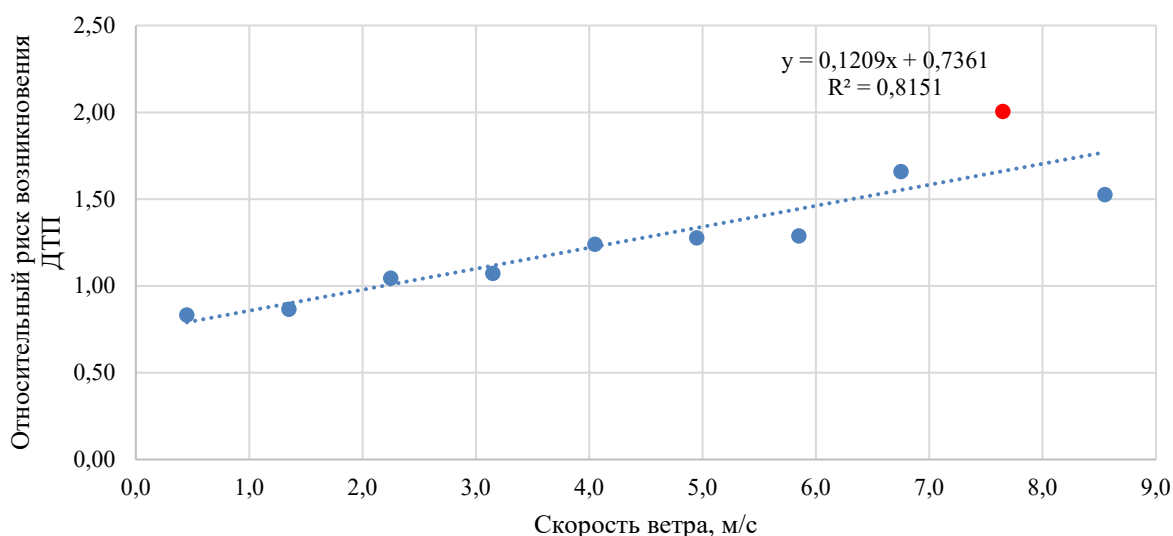


Рисунок 6 – Относительный риск возникновения ДТП в зависимости от скорости ветра
Источник: составлено авторами.

Figure 6 – Relative risk of road accidents depending on wind speed
Source: compiled by the authors.

Анализ влияния скорости ветра показал, что на выделенной части оси рассматриваемого метеорологического параметра полученные точки можно аппроксимировать прямой, это свидетельствует о том, что относительный риск растет с увеличением скорости ветра. При этом рост риска ДТП отмечается при скорости ветра более 2 м/с. Сравнивая полученные результаты с результатами на ФАД вне населенных пунктов [20], можно сделать выводы, аналогичные предыдущим – характер влияния в целом похож, однако при экстремально высоких значениях скорости ветра ДТП в пригородной зоне не характерны.

Обобщая результаты исследования влияния погодных условий на риск возникновения ДТП в пригородной зоне, можно отметить, что наиболее опасными являются период переходной температуры, связанный с гололедными явлениями, после выпадения осадков и в ветреную погоду, а также период, характеризующийся положительной температурой около 25 °С, дождем с количеством осадков до 8 мм и скоростью ветра более 2 м/с. В период нетипично высоких значений температуры воздуха, осадков и ветра увеличение относительного риска не наблюдается.

В связи с тем, что относительный риск является безразмерной независимой величиной, можно учитывать совокупное влияние рассматриваемых факторов, используя произведе-

ние соответствующих значений относительного риска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выделить ряд особенностей формирования аварийности в пригородной зоне. Среди них выраженная сезонность, структура аварийности, представленная большим числом столкновений и наездов на пешеходов, достаточно высокая тяжесть последствий ДТП. Исследование влияния группы основных факторов внешней среды позволило выделить основные критические периоды, при которых риск возникновения ДТП повышается: это дневное время, гражданские или навигационные сумерки при переходной температуре воздуха (около 0 °С), гололедных явлениях, ветреной погоде или при температуре воздуха около 25 °С, дождливой, ветреной погоде. В отличие от участков за пределами населенных пунктов не выявлено влияния экстремальных погодных условий на увеличение риска возникновения ДТП в пригородной зоне.

Представленные результаты доказывают, что пригородная зона отличается определенными особенностями, которые должны учитываться при планировании мероприятий по снижению аварийности. Проведение превентивных мероприятий на небольших по протяженности пригородных участках позволит зна-

чительно сократить аварийность [21]. Помимо традиционных методов, включающих превентивные мероприятия, проводимые сотрудниками Госавтоинспекции, в пригородной зоне следует уделить особое внимание методам косвенного управления транспортными потоками, в частности, применению динамических информационных табло и знакам переменной информации. Эти средства могут использоваться целенаправленно, в период увеличивающегося риска возникновения ДТП.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Xu Cheng, Zhang Zuoming, Fu Fengjie, Yao Wenbin, Su Hongyang, Hu Youwei, Donglei Rong, Jin Sheng. Analysis of Spatiotemporal Factors Affecting Traffic Safety Based on Multisource Data Fusion. *Journal of Transportation Engineering Part A Systems*. 2023; 149 (10). <https://doi.org/10.1061/JTEPBS. TEENG-7990>.
2. Asadi Mehrnaz, Ulak Mehmet, Geurs Karst, Weijermars Wendy, Schepers, Paul. A comprehensive analysis of the relationships between the built environment and traffic safety in the Dutch urban areas. *Accident Analysis & Prevention*. 2022; 172. 106683. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106683>.
3. Zargari Shahriar, Abdolahi Saeid, Mirzahassein Hamid. Prediction of Traffic Flow Based on Calendar Data on Suburban Roads (Case Study: Chalus Road). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*. 2024. 48. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01393-x>.
4. Печатнова Е.В., Нечаев К.С. Факторы формирования аварийно-опасных участков на автомобильных дорогах федерального значения // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2023. Т. 20, № 1(89). С. 92–101. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-92-101>.
5. Zhuang Zhixi. Suburban Migration: Interrogating the Intersections of Global Migration and Suburban Transformation. In: Triandafyllidou, A., Moghadam, A., Kelly, M., Şahin-Mencütek, Z. (eds) *Migration and Cities*. IMISCOE Research Series. Springer, Cham. 2024 https://doi.org/10.1007/978-3-031-55680-7_12.
6. Liu C. Y., Jeong J. Are minority-owned businesses moving to suburbs? Intrametropolitanspatial shifts and their causes. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*. 2022; 36(4): 574–598. <https://doi.org/10.1080/08276331.2022.2040332>.
7. Fernández Herman, Rubio L., Peñarrocha Vicent, Reig, J. Dual-Slope Path Loss Model for Integrating Vehicular Sensing Applications in Urban and Suburban Environments. *Sensors*. 2024; 24. 4334. <https://doi.org/10.3390/s2413433>.
8. Овчарова Д.А., Жуковский Р.С. Субурбанизация города Барнаула: ретроспективный обзор и прогноз развития // Архитектон: известия вузов. 2022. № 3(79). [https://doi.org/0.47055/1990-4126-2022-3\(79\)-7](https://doi.org/0.47055/1990-4126-2022-3(79)-7).
9. Серебренников Е.Н. Транспортный фактор в субурбанизационных процессах Иркутской агломерации // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2023. Т. 43. С. 91–101. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.43.91>.
10. Григоричев К.В. Специфика смертности населения в субурбанизированной зоне (случай пригородного района Иркутской агломерации) // Демографическое обозрение. 2023. Т. 10, № 3. С. 82–102. <https://doi.org/10.17323/demreview.v10i3.17971>.
11. Abolvardi Meisam, Sharifi Nader, Rahmanian Karamatolah, Rahmanian Vahid. Human Risk Factors for Severity of Injuries in Urban and Suburban Traffic Accidents in Southern Iran: An Insight from Police Data. *International Journal of High Risk Behaviors and Addiction*. 2023;11. <https://doi.org/10.5812/ijhrba-129419>.
12. Klaylee Jirawan, Iamtrakul Pawinee, Sornlertlamvanich Virach. Identification of Suburban Motorcycle Traffic Accident Hotspots Using GIS-Based Spatial Analysis. // 10th International Conference on Traffic and Logistic Engineering: Macau, China. 2022; pp 35–40. <https://doi.org/10.1109/ICTLE55577.2022.9902103>.
13. Yari Samira, Abdolmanafi Seyed Ebrahim, Sarkar Alireza, Ebrahimzadeh Mohammad. Identifying the parameters affecting the severity of accidents in suburban roads using structural equation modeling (Kerman province case study) // Conference: 19th International Conference on Transportation and Traffic Engineering At: Tehran. 2023. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/374081400_Identifying_the_parameters_affecting_the_severity_of_accidents_in_suburban_roads_using_structural_equation_modeling_Kerman_province_case_study (дата обращения 02.06.2024).
14. Ghasedi M., Sarfjoo M., Bargegol I. Prediction and Analysis of the Severity and Number of Suburban Accidents Using Logit Model, Factor Analysis and Machine Learning: A case study in a developing country. *SN Appl. Sci.* 2021; 3(13). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04081-3>.
15. Hasani J., Khorshidi A., Erfanpoor S., Nazparvar B., Hashemi Nazari S. S. Comparison of Risk Factors for Pedestrian Fatality in Urban and Suburban Traffic Accidents. *Archives of Trauma Research*. 2018; 7(2): 39–44. https://doi.org/10.4103/atr.atr_7_18.
16. Bowman B.L., Vecellio R.L. Effect of urban and suburban median types on both vehicular and pedestrian safety. *Transportation research record*. 1994; 1445: 169–179.
17. Khorasani Gholamreza, Tatari Ashkan, Motamed Hassan, Fazelpour Shokooh. Prioritization of Suburban Road Safety Plans in Iranю *Journal of American Science*. 2013; 9(7s): 1–10.
18. Яковлева С.И., Воронежцев И.С. Пригороды тверских городов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2016. № 2. С. 77–90.
19. Печатнова Е.В., Новиков И.А., Кирюшин И.И., Шаталов Е.В. Влияние периода суток

на риск возникновения наезда на пешехода // Воронежский научно-технический Вестник. 2023. Т. 3, № 3(45). С. 60–66. <https://doi.org/10.34220/2311-8873-2023-3-3-60-66>.

20. Pechatnova E.V., Sergeeva J.S. Assessment of Influence of Meteorological Parameters on the Risk of Accidents on Roads Outside Settlements // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. P. 022175. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/2/022175>.

21. Sayed Abbas Tabatabaee, Bahram Johari Providing a Model in Order to Transportation Safety in Accident Black Spots in Suburban Roads from Economical Optimizing Point of View. IACSIT International Journal of Engineering and Technology. 2012; 4(1): 93–96.

REFERENCES

- Xu Cheng, Zhang Zuoming, Fu Fengjie, Yao Wenbin, Su Hongyang, Hu Youwei, Donglei Rong, Jin Sheng. Analysis of Spatiotemporal Factors Affecting Traffic Safety Based on Multisource Data Fusion. *Journal of Transportation Engineering Part A Systems*. 2023; 149 (10). Doi:10.1061/JTEPBS.TEENG-7990.
- Asadi Mehrnaz, Ulak Mehmet, Geurs Karst, Weijermars Wendy, Schepers, Paul. A comprehensive analysis of the relationships between the built environment and traffic safety in the Dutch urban areas. *Accident Analysis & Prevention*. 2022; 172. 106683. Doi:10.1016/j.aap.2022.106683.
- Zargari Shahriar, Abdolahi Saeid, Mirzahosseini Hamid. Prediction of Traffic Flow Based on Calendar Data on Suburban Roads (Case Study: Chalus Road). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*. 2024. 48. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01393-x>.
- Pechatnova E.V., Nechaev K.S. Factors for traffic accident-prone section formation on federal roads. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2023;20(1):92-101. (In Russ.) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-1-92-101>
- Zhuang Zhixi. Suburban Migration: Interrogating the Intersections of Global Migration and Suburban Transformation. In: Triandafyllidou, A., Moghadam, A., Kelly, M., Şahin-Mencütek, Z. (eds). *Migration and Cities*. IMISCOE Research Series. Springer, Cham. 2024 https://doi.org/10.1007/978-3-031-55680-7_12.
- Liu C. Y., Jeong J. Are minority-owned businesses moving to suburbs? Intrametropolitanspatial shifts and their causes. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*. 2022; 36(4): 574–598. <https://doi.org/10.1080/08276331.2022.2040332>.
- Fernández Herman, Rubio L., Peñarrocha Vicent, Reig, J. Dual-Slope Path Loss Model for Integrating Vehicular Sensing Applications in Urban and Suburban Environments. *Sensors*. 2024; 24. 4334. (in Russ.) <https://doi.org/10.3390/s2413433>.
- Ovcharova D.A., Zhukovsky R.S. Suburbanization of barnaul city: a retrospective review and development forecast. *Architecton. Proceedings of higher education*. 2022; 3(79). (in Russ.) [https://doi.org/0.47055/1990-4126-2022-3\(79\)-7](https://doi.org/0.47055/1990-4126-2022-3(79)-7).
- Serebrennikov E.N. Transport Factor in the Suburbanization Processes of the Irkutsk Agglomeration. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2023, vol. 43, pp. 91-101. (in Russ.) <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.43.91> (in Russ.)
- Grigoriev G.V. Distinctive features of mortality in the suburban population (the case of the Irkutsk agglomeration). *Demographic Review*. 2023; T. 10, no 3: 82-102. (in Russ.) <https://doi.org/10.17323/demreview.v10i3.17971>.
- Abolvardi Meisam, Sharifi Nader, Rahmanian Karamatolah, Rahmanian Vahid. Human Risk Factors for Severity of Injuries in Urban and Suburban Traffic Accidents in Southern Iran: An Insight from Police Data. *International Journal of High Risk Behaviors and Addiction*. 2023;11. <https://doi.org/10.5812/ijhrba-129419>.
- Klaylee Jirawan, Iamtrakul Pawinee, Sornlertlamvanich Virach. Identification of Suburban Motorcycle Traffic Accident Hotspots Using GIS-Based Spatial Analysis. *10th International Conference on Traffic and Logistic Engineering: Macau, China*. 2022; pp 35-40. <https://doi.org/10.1109/ICTLE55577.2022.9902103>.
- Yari Samira, Abdolmanafi Seyed Ebrahim, Sarkar Alireza, Ebrahimzadeh Mohammad. Identifying the parameters affecting the severity of accidents in suburban roads using structural equation modeling (Kerman province case study). *Conference: 19th International Conference on Transportation and Traffic Engineering At: Tehran*. 2023. Available at: https://www.researchgate.net/publication/374081400_Identifying_the_parameters_affecting_the_severity_of_accidents_in_suburban_roads_using_structural_equation_modeling_Kerman_province_case_study (accessed 02.06.024).
- Ghasedi M., Sarfjoo M., Bargegol I. Prediction and Analysis of the Severity and Number of Suburban Accidents Using Logit Model, Factor Analysis and Machine Learning: A case study in a developing country. *SN Appl. Sci*. 2021; 3(13). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04081-3>.
- Hasani J., Khorshidi A., Erfanpoor S., Nazparvar B., Hashemi Nazari S. S. Comparison of Risk Factors for Pedestrian Fatality in Urban and Suburban Traffic Accidents. *Archives of Trauma Research*. 2018; 7(2): 39-44. https://doi.org/10.4103/atr.atr_7_18.
- Bowman B. L., Vecellio R. L. Effect of urban and suburban median types on both vehicular and pedestrian safety. *Transportation research record*. 1994; 1445: 169–179.
- Khorasani Gholamreza, Tatari Ashkan, Motamed Hassan, Fazelpour Shokooh. *Prioritization of Suburban Road Safety Plans in Iran Journal of American Science*. 2013; 9(7s): 1-10. (in Russ.)
- Yakovleva S.I., Voronezhcev I.S. Suburban areas of the Tver region. *Herald of Tver State University. Series: geography and geoecology*. 2016; 2: 77–90. (in Russ.)
- Pechatnova E.V., Novikov I.A., Kiryushin I.I., Shatalov E.V. Influence of day period on the risk of

pedestrian crashes. *Voronezh Scientific and Technical Bulletin*. 2023; T. 3, no 3(45): 60-66. (in Russ.) <https://doi.org/10.34220/2311-8873-2023-3-3-60-66>. (in Russ.)

20. Pechatnova E.V., Sergeeva J.S. Assessment of Influence of Meteorological Parameters on the Risk of Accidents on Roads Outside Settlements. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. P. 022175. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/2/022175>.

21. Sayed Abbas Tabatabaee, Bahram Johari Providing a Model in Order to Transportation Safety in Accident Black Spots in Suburban Roads from Economical Optimizing Point of View. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*. 2012; 4(1): 93–96.

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Печатнова Е.В. Вклад в общую работу составил 25%, что является ¼ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

Новиков И.А. Вклад в общую работу составил 25%, что является ¼ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, результатов, обсуждения и заключения.

Кирюшин И.И. Вклад в общую работу составил 25%, что является ¼ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

Нагорный Н.Н. Вклад в общую работу составил 25%, что является ¼ доли при разработке следующих разделов научной статьи: аннотации, введения, материалов и методов, результатов, обсуждения и заключения.

CO-AUTHORS' CONTRIBUTION

Pechatnova E.V. The contribution to the work is at least 25% that is ¼ share in developing the following sections of the scientific article: summaries, introductions, materials and methods, results, discussion and conclusion.

Novikov I.A. The contribution to the work is at least 25%, which is ¼ share in developing the following sections of the scientific article: annotation, introduction, results, discussion and conclusion.

Kiryushin I.I. The contribution to the work is at least 25% that is ¼ share in developing the following sections of the scientific article: summaries, introductions, materials and methods, results, discussion and conclusion.

Nagorny N.N. The contribution to the work is at least 25% that is ¼ share in developing the following sections of the scientific article: summaries, introductions, materials and methods, results, discussion and conclusion.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Печатнова Елена Владимировна – канд. техн. наук, доц. кафедры «Организация и безопасность

движения» Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46), **Scopus Author ID:** 57209793331, **Researcher ID:** AAD-3356-2022, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9182-2365>, **SPIN-код:** 1548-3254, e-mail: phukcia@yandex.ru

Новиков Иван Алексеевич – д-р техн. наук, проф., директор Транспортно-технологического института Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46), **Scopus Author ID:** 7202658080, **Researcher ID:** T-5540-2017, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5322-9640>, **SPIN-код:** 7590-0779, e-mail: ooows@mail

Кирюшин Иван Иванович – ст. преп. кафедры «Информатика и специальная техника» Барнаульского юридического института МВД России (656038, г. Барнаул, ул. Чкалова, 49), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6783-4048>, **SPIN-код:** 7893-0653, e-mail: kii22@rambler.ru

Нагорный Николай Николаевич – канд. филос. наук, доц., доц. кафедры «Гуманитарные и социально-экономические дисциплины» Сибирского юридического института МВД России (660131, г. Красноярск, ул. Рокоссовского, д. 20), **Researcher ID:** AAP-2298-2020, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0878-3842>, **SPIN-код:** 7134-4585, e-mail: nnagornyj@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Elena V. Pechatnova – Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor of the Organization and Road Safety Department, Polzunov Altai State Technical University (The Altai Territory, Barnaul, Lenin Avenue, 46, 656038), **Scopus Author ID:** 57209793331, **Researcher ID:** AAD-3356-2022, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9182-2365>, **SPIN-код:** 1548-3254, e-mail: phukcia@yandex.ru

Ivan A. Novikov – Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Director of the Transportation Technology Institute, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Belgorod, 46 Kostyukova str. 308012), **Scopus Author ID:** 7202658080, **Researcher ID:** T-5540-2017, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5322-9640>, **SPIN-код:** 7590-0779, e-mail: ooows@mail

Ivan I. Kiryushin – Senior lecturer of the Department of Informatics and Special Equipment, Barnaul Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia (Barnaul, Chkalova str., 49, 656038), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6783-4048>, **SPIN-код:** 7893-0653, e-mail: kii22@rambler.ru

Nikolay N. Nagorny – Cand. of Sci. (Philosophy), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Humanities and Socio-Economic Disciplines, Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia (Krasnoyarsk, 20 Rokossovskogo St., 660131), **Researcher ID:** AAP-2298-2020, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0878-3842>, **SPIN-код:** 7134-4585, e-mail: nnagornyj@yandex.ru