

УДК 656.1

© *Е. В. Печатнова*, канд. техн. наук, доцент
(Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова,
Барнаул, Россия)

E-mail: phukcia@yandex.ru

© *И. А. Новиков*, д-р техн. наук, профессор,
директор Транспортно-технологического института
(Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова, Белгород, Россия)

E-mail: ooows@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-5-79-87

© *E. V. Pechatnova*, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Polzunov Altai State Technical University,
Barnaul, Russia)

E-mail: phukcia@yandex.ru

© *I. A. Novikov*, Dr. Sci. Tech., Professor,
Director of the Transportation Technology Institute
(Belgorod State Technological University
named after V. G. Shukhov,
Belgorod, Russia)

E-mail: ooows@mail.ru

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛА НАЕЗДОВ НА ПЕШЕХОДОВ ПО УЧАСТКАМ ДОРОГ С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

DISTRIBUTION ASSESSMENT OF THE NUMBER OF PEDESTRIAN CRASHES ON ROAD SEGMENTS WITH DIFFERENT CHARACTERISTICS

Одним из видов ДТП, отличающихся высокой тяжестью последствий, являются наезды на пешеходов на федеральных автомобильных дорогах. Исследование факторов их возникновения представляет собой научную задачу, решение которой позволит снизить их число и тяжесть. Одним из наименее изученных вопросов является анализ влияния дорожных характеристик на риск возникновения наезда на пешехода. Целью исследования является оценка частотного распределения числа наездов на пешеходов по участкам федеральных дорог с различными характеристиками. В работе проведен одномерный, двумерный и трехмерный частотный анализ. В результате исследования выделены группы участков, характеризующихся наибольшей частотой наездов на пешеходов. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории оценки и прогнозирования риска возникновения наездов на пешеходов в зависимости от различных факторов.

Ключевые слова: наезды на пешеходов, частотный анализ, безопасность дорожного движения, характеристики участков дорог.

Pedestrian crashes on federal highways can be considered as one of the types of road traffic accidents characterized with a high severity of consequences. The study of the factors leading to the occurrence of these accidents is a scientific study task, the solution of which is going to reduce their number and severity. One of the least studied issues in this regard is the analysis of the road characteristics' influence on the pedestrian crashes risk. The purpose of the study is to estimate the frequency distribution of pedestrian crashes on federal highway segments with different characteristics. The authors have carried out one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional frequency tests. As a result, there are revealed groups of road segments characterized with the highest frequency of pedestrian crashes. The results obtained contribute to the development of the theory of assessing and forecasting the pedestrian crashes risk depending on various factors.

Keywords: pedestrian crashes, frequency analysis, road traffic safety, characteristics of road segments.

Введение

Безопасность дорожного движения (БДД) является важной государственной задачей, требующей научного подхода [1–5]. Цели,

заявленные в Стратегии БДД, требуют всестороннего изучения процессов формирования аварийности. Особое внимание следует уделить вопросам снижения тяжести по-

следствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [6].

Одной из проблем в данной сфере является аварийность на федеральных автомобильных дорогах (ФАД). К наименее изученным вопросам можно отнести наезды на пешеходов — такие аварии занимают около 10 % от всех ДТП с пострадавшими на ФАД, но отличаются высокой тяжестью последствий, которая выше средней по ФАД в 2–3 раза и составляет 40 погибших на 100 жертв ДТП (среднее значение, Алтайский край).

В настоящее время рост пешеходной активности [7] и увеличение средней скорости движения транспортных средств на ФАД и других дорогах вне населенных пунктов повышают вероятность наездов на пешеходов при их появлении на дороге, а также случаев с тяжелыми последствиями. В ряде случаев при таком виде ДТП жертвой является не только пешеход, но и водитель, и пассажиры транспортного средства, которые получают травмы.

Несмотря на тяжесть последствий и особые, отличающиеся факторы возникновения наездов на пешеходов, организация их безопасного движения (установка интеллектуальных систем и дополнительных элементов обустройства) не является приоритетной задачей обслуживания дорог вне населенных пунктов в связи с небольшой долей этих ДТП, отсутствием аварийно-опасных участков по критерию числа наездов.

Исследованию процессов и факторов, способствующих наездам на пешеходов, посвящен ряд работ российских и зарубежных ученых. В работе [8] проанализированы факторы тяжести наездов на пешеходов, выявлено, что на междугородних автомагистралях одним из основных факторов наездов на пешеходов с летальным исходом является участие в ДТП автобуса, а отрезки дорог с отсутствующей обочиной способствуют меньшей тяжести последствий ДТП. В исследовании [9] приводится информация

о значимых факторах, влияющих на наезды на пешеходов, среди которых наличие перекрестка, пешеходного перехода, интенсивность движения и другие. Исследователи Научного центра БДД МВД России отмечают, что большая часть наездов в стране происходит на пешеходных переходах по вине водителей [10], тот же факт подтвержден при анализе показателей травматизма на иркутских автодорогах общего пользования [11]. При исследовании проблем безопасности дорожного движения [12] было выявлено, что в местах, сочетающих остановочный пункт и нерегулируемый пешеходный переход, увеличивается вероятность возникновения наездов ввиду большего количества нарушения ПДД пешеходами.

Обзор работ по выбранной теме показал, что на наезды на пешеходов оказывают влияние различные группы факторов, среди которых особо можно отметить влияние дорожных характеристик. Это же подтверждается и рядом работ [13–20].

Целью работы является исследование влияния дорожных характеристик на распределение наездов на пешеходов на автомобильных дорогах федерального значения.

Методы

В качестве основных данных для работы была использована информация о наездах на пешеходов, которые произошли на федеральных автомобильных дорогах Алтайского края в период с 2018 по 2022 гг. Общая выборка составила 142 ДТП.

Для каждого ДТП установлены характеристики дороги в соответствии с местом, где произошел наезд. Значения определялись с помощью сервиса «Яндекс.Карты» («Яндекс.Зеркала», «Яндекс.Панорамы» — согласно координатам наезда) и официальных данных о характеристиках дороги.

В качестве основных характеристик выбраны следующие: расстояние до пешеходного перехода, расстояние до перекрестка, расстояние до остановочного пункта, ко-

личество объектов притяжения (в радиусе 500 м), наличие объектов искусственного освещения, число полос движения, продольный уклон, радиус поворота. Фрагмент итоговой таблицы данных характеристик представлен на рис. 1.

Для исследования влияния выбранных характеристик дороги на распределение наездов на пешеходов применен частотный анализ. Одномерный анализ выполнен с помощью определения частот, а затем частостей (доли, %) в каждой группе (расчета одномерных таблиц частот). Двумерный и трехмерный анализ выполнен с помощью расчета таблиц кросстабуляции.

Расчеты выполнены в программах Excel, Statistica.

Результаты и обсуждение

Первой исследуемой характеристикой является расстояние до пешеходного перехода. Распределение частостей (доли, %) представлено на рис. 2. Анализ показал, что непосредственно на пешеходном переходе происходит 12,2 % аварий, а больше половины (51,3 %) отмечается за его пределами, на значительном расстоянии от него (свыше 950 м). При этом отмечено, что каждый пятый наезд (19,1 %) происходит в зоне видимости пешеходного перехода (расстояние до 150 м).

Распределение наездов на пешеходов по расстоянию до остановочного пункта аналогично распределению до пешеходного перехода, что связано с тем, что элементом всех

Координаты ДТП	Расстояние до пешеходного перехода, м	Расстояние до перекрестка, м	Расстояние до остановки, м	Количество объектов притяжения +/- 500 м	Освещение	Число полос	Уклон, промилле	Радиус поворота
53.266098 83.726571	70	377	192	2	1	2	19	957
53.264071 83.725305	0	60	0	1	1	3	19	9999
53.254303 83.719082	0	30	0	2	1	3	17	761
53.2539 83.7186	0	30	0	2	1	3	17	761
53.238728 83.700618	65	0	65	0	1	2	3	9999
53.239909 83.703879	0	50	0	0	1	2	3	9999
53.2361 83.6939	0	150	100	0	1	2	3	9999
53.231491 83.685737	0	100	0	1	1	3	6	968
53.213839 83.680952	0	30	0	3	1	2	28	2997

Рис. 1. Итоговая таблица данных (фрагмент)

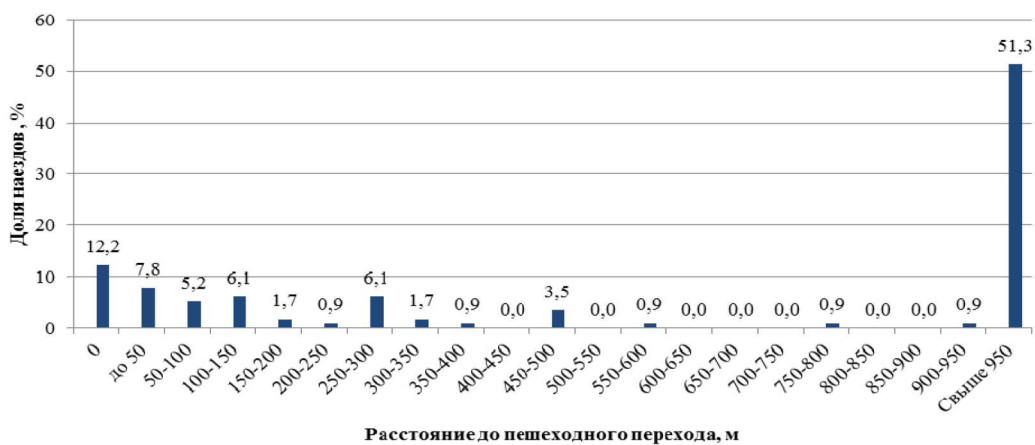


Рис. 2. Распределение наездов на пешеходов по расстоянию до пешеходного перехода

остановочных пунктов являлся пешеходный переход.

Более четверти наездов (27 %) отмечаются на перекрестках (рис. 3). Это объясняется тем, что по линиям дорог проходят пути следования пешеходов, и в целях экономии времени переход по перекрестку зачастую более предпочтителен, чем по пешеходному переходу. Кроме того, переход по перекрестку допускается п. 4.3 ПДД.

Анализ распределения наездов на пешеходов по количеству объектов притяжения показал, что более трети аварий (36,5 %) происходит на участках, где расположены объекты притяжения (АЗС, кафе). Выдвинуто предположение, что такая высокая доля наездов на данных участках может объясняться следующими ситуациями: остановка транспортного средства на стороне дороги по ходу движения и переход водителя и/или пассажиров к месту притяжения на противоположную сторону дороги; подъезд транспортного средства к АЗС и переход на другую сторону дороги к другому объекту притяжения (например, кафе).

Оценка распределения наездов на пешеходов по наличию искусственного освеще-

ния показала, что более половины рассматриваемых ДТП произошли на участках с отсутствующим освещением (65 %).

Доля наездов на пешеходов зависит также от числа полос движения (рис. 4): чем больше полос, тем меньше наездов. Так, 65,8 % наездов отмечалось на двухполосных дорогах и только 3 % — на шестиполосных. Примечательно, что около 15 % наездов отмечено на четырехполосных дорогах, что больше, чем на трехполосных (10,5 %). Ряд наездов на таких участках произошел на дороге Р-256 «Чуйский тракт» вблизи города Барнаула: несмотря на наличие надземных пешеходных переходов, люди переходили дорогу по проезжей части.

Анализ продольного уклона и радиуса поворота показал, что основная часть анализируемых участков — относительно прямые в плане и профиле: доля наездов на участках дороги, характеризующихся продольным уклоном до 5 %, составила 54 %, аналогичный показатель по радиусу кривой в плане со значением свыше 3000 м составил 78 %.

Промежуточные выводы, сформированные по одномерному частотному анализу, заключаются в следующем: определено, что

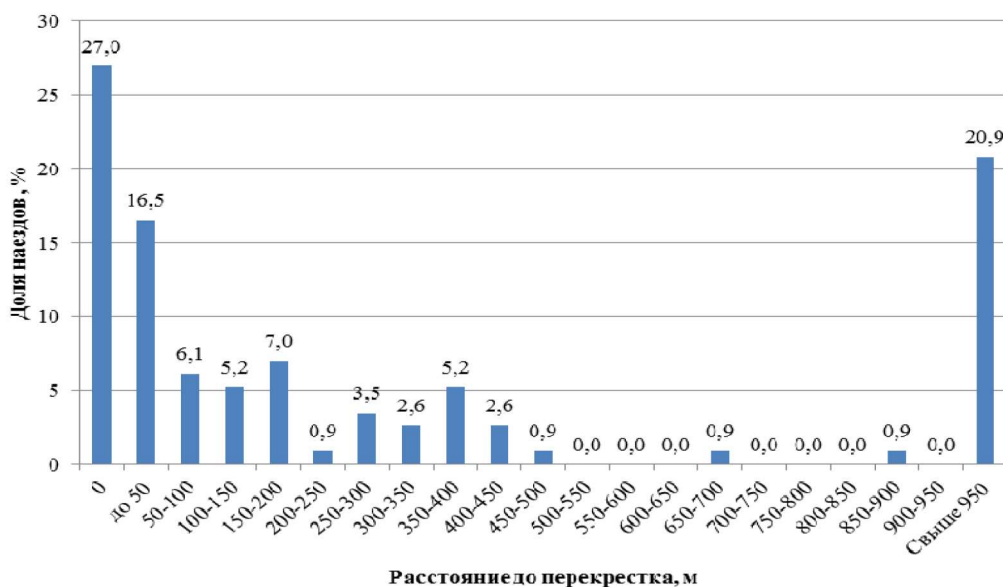


Рис. 3. Распределение наездов на пешеходов по расстоянию до перекрестка

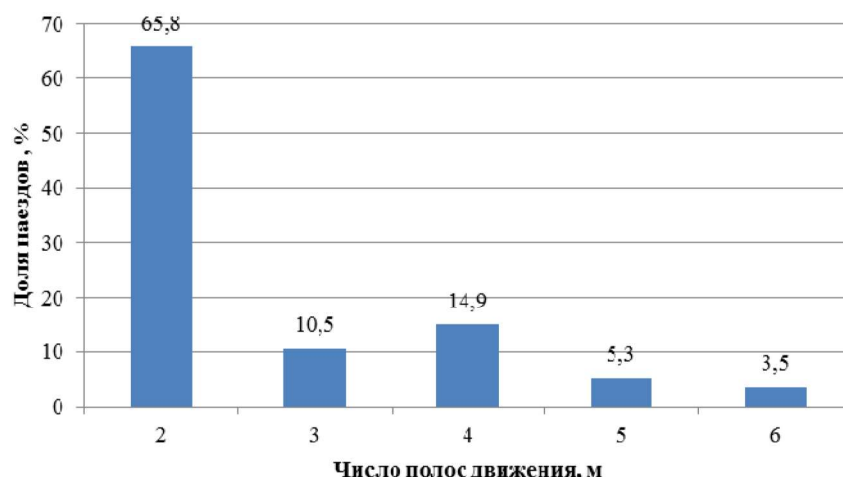


Рис. 4. Распределение наездов на пешеходов по числу полос движения

наиболее подверженные наездам на пешеходов участки — это отрезки дорог, элементами которых являются перекрестки, пешеходные переходы, объекты притяжения. Распределение аварий рассматриваемого типа по числу полос, объектам искусственного освещения в целом соответствует распространенности таких участков. Также определено, что радиус поворота и продольный уклон в меньшей степени оказывают влияние на возникновение наездов, и далее эти факторы в данной работе не рассматриваются.

При проведении двумерного частотного анализа рассмотрено распределение наездов на пешеходов по трем показателям:

- 1-й показатель — расстояние до перекрестка;
- 2-й показатель — расстояние до пешеходного перехода;

- 3-й показатель — наличие объектов притяжения.

Распределение аварии рассматриваемого типа одновременно по расстоянию до перекрестка и пешеходного перехода показано в табл. 1.

Результаты показали, что каждый пятый наезд (20 %) происходит вне перекрестка и пешеходного перехода. Около 12 % наездов случается на перекрестках (с расстоянием до 50 м) в отсутствие пешеходного перехода и около 15 % — вблизи или непосредственно на участках, сочетающих пешеходный переход и перекресток. На перечисленных участках в сумме происходит около половины всех наездов.

Распределение аварии рассматриваемого типа одновременно по расстоянию до перекрестка и наличию объектов притяжения показано в табл. 2.

Таблица 1

Результаты двумерного частотного анализа по первому и второму показателям

Расстояние до пешеходного перехода, м	Расстояние до перекрестка, м						
	0	до 50	50–100	100–200	200–300	300–950	Свыше 950
0	2,6	6,1	1,7	0,9	0,9	0,0	0,0
до 50	5,2	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0
50–100	1,7	0,9	0,9	0,9	0,0	0,9	0,0
100–200	3,5	2,6	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
200–300	1,7	1,7	1,7	0,9	0,0	0,9	0,0
300–950	3,5	0,9	0,0	1,7	0,0	1,7	0,9
Свыше 950	8,7	3,5	0,9	5,2	3,5	9,6	20,0

Таблица 2

Результаты двумерного частотного анализа по первому и третьему показателям

Количество объектов притяжения	Расстояние до перекрестка, м						
	0	до 50	50–100	100–200	200–300	300–950	Свыше 950
0	11,3	7,0	3,5	9,6	3,5	10,4	18,3
1 и более	15,7	9,6	2,6	2,6	0,9	2,6	2,6

Анализ частот (долей), представленных в табл. 2, позволил выделить следующие особенности распределения. Более четверти наездов на пешеходов происходит на участках, сочетающих наличие перекрестка и объектов притяжения. Другой группой участков, отличающихся высоким значением наездов на пешеходов, являются отрезки дорог в отдалении от перекрестков и объектов притяжения.

Распределение аварии рассматриваемого типа одновременно по расстоянию до пешеходного перехода и наличию объектов притяжения показано в табл. 3.

Анализ табл. 3 показал, что 43,5 % наездов происходят на участках в отдалении от пешеходного перехода и объектов притяжения, около 15 % — на участках вблизи объектов притяжения и пешеходных переходов.

Двумерный анализ позволил сформулировать гипотезу о том, что условно можно выделить три типа участков, подверженных наездам на пешеходов:

- 1) перегоны (нет перекрестков, пешеходных переходов, объектов притяжения);
- 2) перекрестки (нет пешеходных переходов и объектов притяжения);
- 3) сложные участки (наличие перекрестка, пешеходного перехода и объектов притяжения).

Выдвинутая гипотеза проверена с помощью трехмерного анализа, результаты которого представлены в табл. 4.

Полученные значения подтвердили гипотезу: среди рассматриваемых участков наиболее распространенным является перегон (в отдалении от перекрестка, пешеходного перехода и объектов притяжения): на нем отмечено 18,3 % наездов на пешеходов; на перекрестках в отдалении от пешеходных переходов и объектов притяжения происходит около 10 % наездов; на сложных участках, сочетающих все три рассматриваемых показателя, — 12 % рассматриваемых аварий. На рассматриваемых трех типах участков происходит суммарно свыше 40 % наездов, что свидетельствует о концентрации на них аварий рассматриваемого типа.

Заключение

Последовательное применение частотного анализа для оценки распределения наездов на пешеходов по участкам дорог, отличающихся различными характеристиками, позволило определить наиболее подверженные этим авариям группы участков. К ним отнесены следующие: простые участки (перегоны), перекрестки и сложные участки, сочетающие перекресток, пешеходный переход и объекты притяжения.

В целях снижения тяжести последствий ДТП с помощью сокращения числа наездов

Таблица 3

Результаты двумерного частотного анализа по второму и третьему показателям

Количество объектов притяжения	Расстояние до пешеходного перехода, м						
	0	до 50	50–100	100–200	200–300	300–950	Свыше 950
0	3,5	1,7	1,7	4,3	6,1	2,6	43,5
1 и более	8,7	6,1	3,5	3,5	0,9	6,1	7,8

Результаты трехмерного частотного анализа по трем показателям

Типы участков	Расстояние до пешеходного перехода, м	Расстояние до перекрестка, м						
		0	до 50	50–100	100–200	200–300	300–950	Свыше 950
Нет объектов притяжения	0	0,9	0,9	0,0	0,9	0,9	0,0	0,0
	до 50	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
	50–100	0,9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	100–200	1,7	1,7	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
	200–300	0,9	1,7	1,7	0,9	0,0	0,9	0,0
	300–950	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	1,7	0,0
	Свыше 950	7,0	1,7	0,9	5,2	2,6	7,8	18,3
1 и более объектов притяжения	0	1,7	5,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	до 50	5,2	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	50–100	0,9	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0
	100–200	1,7	0,9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0
	200–300	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	300–950	3,5	0,9	0,0	0,9	0,0	0,0	0,9
	Свыше 950	1,7	1,7	0,0	0,0	0,9	1,7	1,7

на пешеходов рекомендуется уделить особое внимание этим участкам при проведении профилактических мероприятий. Кроме того, рекомендуется проведение обследований перекрестков после фиксации на них наездов на пешеходов для своевременного обустройства пешеходного перехода. В рамках развития интеллектуальных систем на транспорте возможно применение различных информационных систем на пешеходных переходах, расположенных в пределах сложных участков, с целью привлечения дополнительного внимания водителей.

Библиографический список

1. 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. DOI: 10.26518/2071-7296-2023-20-1-92-101.

2. Ильина И. Е. Влияние элементов системы человек–автомобиль–дорога–среда на достижение прогнозного показателя социального риска на примере Пензенского региона // Исследование проблем обеспечения эффективности и качества работы автомобильного транспорта: сб. тр. аспирантов кафедры

«Организация перевозок и управление на транспорте»; под ред. Е. Е. Витвицкого. Омск, 2021. С. 36–42.

3. Башиков И. Т. Анализ аварийности на автомобильных дорогах Согдийской области Республики Таджикистан за 2014 год // Academy. 2020. № 3 (54). С. 14–16.

4. Афонина Е. Г. О роли национальных проектов и стандартов обеспечения детской дорожной безопасности в повышении безопасности дорожного движения // Вестник Калининградского филиала Санкт-Петербургского университета МВД России. 2019. № 4 (58). С. 104–107.

5. Аземша С. А. Анализ аварийности в Гомельской области по видам ДТП и разработка мероприятий по повышению безопасности дорожного движения // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2019. № 1 (38). С. 25–29.

6. Болотов Р. А., Загородний Н. А. Методы снижения тяжести последствий ДТП // Автомобильная промышленность. 2017. № 11. С. 31–32.

7. Zuniga-Garcia N., Perrine K. A., Kockelman K. M. Predicting Pedestrian Crashes in Texas' Intersections and Midblock Segments // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 7164. DOI: 10.3390/su14127164.

8. William Agyemang, Emmanuel Kofi Adanu, Jun Liu, Steven Jones. A latent class multinomial logit analysis of factors associated with pedestrian injury severity of inter-urban highway crashes // Journal of Transportation Safety & Security. 2022. Vol. 15. Pp. 1008–1028. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/9439962.2022.2153952?scroll=top&needAc>

cess=true&role=tab (дата обращения: 17.06.2023). DOI: 10.1080/19439962.2022.2153952.

9. Артемов А. Ю., Дорохин С. В. Влияние факторов на вероятность возникновения наезда на пешехода // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. Орёл, 20 мая 2020 года; под общ. ред. А. Н. Новикова. Орёл, 2020. С. 161–165.

10. Лопарев Е. А., Сергунова А. С. Влияние внешних факторов на уровень дорожно-транспортных происшествий, связанных с наездами на пешеходов // Безопасность дорожного движения. 2022. № 1. С. 28–34.

11. Асламова В. С., Кузнецова П. А., Асламов А. А. Анализ показателей травматизма в 2020 и 2021 г. на иркутских автодорогах общего пользования // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 2 (74). С. 188–201. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.2(74).188-201.

12. Белков О. Л., Назаров С. Л. Обеспечение безопасности пешеходов — важное направление безопасности дорожного движения // Проблемы безопасности дорожного движения: материалы Первой Российско-Германской конференции, Омск, 23–24 мая 2002 года. Том 2. Омск, 2002. С. 39–46.

13. Novikov I. A., Borovskoy A. E., Gorbun Y. V. [et al.]. Geographic Information Systems to Improve Road Safety // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications: conference Proceedings, Moscow, 2021. P. 9416096. DOI: 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416096.

14. Rafiur Rahman, Mahyar Vahedi Saheli, Patrick A. Singleton. Risk Factors for Pedestrian Crashes on Utah State Highway Segments: Results from Parametric and Non-Parametric Approaches Controlling for Pedestrian Exposure // Transportation Research Board (TRB) 102-nd Annual Meeting At. Washington DC, 2021.

15. Zegeer C. V. [et al.]. Index for assessing pedestrian safety at intersections // Transportation research record. 2006. Vol. 1982 (1). Pp. 76–83.

16. Vahedi Saheli M., Effati M. Investigation of factors contributing to pedestrian crash severity in rural roads // Journal of Injury and Violence Research. 2019. Vol. 11. P. 108.

17. Chen P., Zhou J. Effects of the built environment on automobile-involved pedestrian crash frequency and risk // Journal of Transport & Health. 2016. Vol. 3 (4). Pp. 448–456.

18. Schneider R. J. [et al.]. Association between roadway intersection characteristics and pedestrian crash risk in Alameda County, California // Transportation Research Record. 2010. Vol. 2198 (1). Pp. 41–51.

19. Effati M. M., Vahedi Saheli. Examining the influence of rural land uses and accessibility-related factors to estimate pedestrian safety: The use of GIS and

machinelearning techniques // International journal of transportation science and technology. 2022. Vol. 11 (1). Pp. 144–157.

20. Vahedi Saheli M., Effati M. Segment-Based Count Regression Geospatial Modeling of the Effect of Roadside Land Uses on Pedestrian Crash Frequency in Rural Roads // International Journal of Intelligent Transportation Systems Research. 2021. Vol. 19 (2). Pp. 347–365.

References

1. Pechatnova E. V., Nechaev K. S. Faktory formirovaniya avariynno-opasnykh uchastkov na avtomobil'nykh dorogakh federal'nogo znacheniya [Factors of formation of accident-prone areas on highways of federal significance]. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta – Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University, 2023, vol. 20, no. 1 (89), pp. 92–101. DOI: 10.26518/2071-7296-2023-20-1-92-101.

2. Il'ina I. E. Vliyanie elementov sistemy chelovek-avtomobil'-doroga-sreda na dostizhenie prognoznogo pokazatelya sotsial'nogo riska na primere Penzenskogo regiona [Influence of the elements of the man-automobile-road-environment system on the achievement of the predictive indicator of social risk on the example of the Penza region]. Trudy aspirantov kafedry «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte» Issledovanie problem obespecheniya effektivnosti i kachestva raboty avtomobil'nogo transporta [Proceedings of the postgraduate students of the “Organization of transportation and management on transport” department “Research of the problems of ensuring the efficiency and quality of road transport”]. Ed. by Vitvitskiy E. E. Omsk, 2021, pp. 36–42.

3. Bashikov I. T. Analiz avariynosti na avtomobil'nykh dorogakh Sogdiyskoy oblasti Respubliki Tadjikistan za 2014 god [Analysis of the accident rate on the highways of Sughd region of the Republic of Tajikistan for 2014]. Academy, 2020, no. 3 (54), pp. 14–16.

4. Afonina E. G. O roli natsional'nykh proektov i standartov obespecheniya detskoj dorozhnoy bezopasnosti v povyshenii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [On the role of national projects and standards for children's road safety in improving road safety]. Vestnik Kaliningradskogo filiala Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii – Bulletin of the Kaliningrad branch of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2019, no. 4 (58), pp. 104–107.

5. Azemsha S. A. Analiz avariynosti v Gomel'skoy oblasti po vidam DTP i razrabotka meropriyatiy po povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Analysis of accident rate in Gomel region by types of traffic accidents and development of measures to improve road safety]. Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta:

nauka i transport – Bulletin of Belorussian State University of Transport: Science and Transportation, 2019, no. 1 (38), pp. 25–29.

6. Bolotov R. A., Zagorodniy N. A. *Metody snizheniya tyazhesti posledstviy DTP* [Methods of reducing the severity of consequences of road traffic accidents]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automobile Industry*, 2017, no. 11, pp. 31–32.

7. Zuniga-Garcia N., Perrine K. A., Kockelman K. M. Predicting Pedestrian Crashes in Texas' Intersections and Midblock Segments. *Sustainability*, 2022, vol. 14, p. 7164. DOI: 10.3390/su14127164.

8. William Agyemang, Emmanuel Kofi Adanu, Jun Liu, Steven Jones. A latent class multinomial logit analysis of factors associated with pedestrian injury severity of inter-urban highway crashes. *Journal of Transportation Safety & Security*, 2022, vol. 15, pp. 1008–1028. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19439962.2022.2153952?scroll=top&needAccess=true&role=tab> (accessed: 17.06.2023). DOI: 10.1080/19439962.2022.2153952.

9. Artemov A. Yu., Dorokhin S. V. *Vliyanie faktorov na veroyatnost' vozniknoveniya naezda na peshekhoda* [Influence of factors on the probability of occurrence of pedestrian collision]. *Trudy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Oryol, 20 maya 2020 goda «Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transport»* [Proceedings of the VI International scientific and practical conference Oryol, May 20, 2020 “Information technologies and innovations on transport”]. Ed. by Novikov A. N. Oryol, 2020, pp. 161–165.

10. Loparev E. A., Sergunova A. S. *Vliyanie vneshnikh faktorov na uroven' dorozhno-transportnykh proissheshtviy, svyazannykh s naezdami na peshekhodov* [Influence of external factors on the traffic accidents rate associated with pedestrian collisions]. *Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya – Safety of Road Traffic*, 2022, no. 1, pp. 28–34.

11. Aslamova V. S., Kuznetsova P. A., Aslamov A. A. *Analiz pokazateley travmatizma v 2020 i 2021 g. na irkutskikh avtodorogakh obshchego pol'zovaniya* [Analysis of traumatism indicators in 2020 and 2021 on Irkutsk public highways]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemniy analiz. Modelirovanie – Modern Technologies. System Analysis. Modeling*, 2022, no. 2 (74), pp. 188–201. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.2(74).188-201.

12. Belkov O. L., Nazarov S. L. *Obespechenie bezopasnosti peshekhodov – vazhnoe napravlenie*

bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Ensuring pedestrian safety as an important direction of road traffic safety]. *Trudy Pervoy Rossiysko-Germanskoy konferentsii, Omsk, 23–24 maya 2002 goda «Problemy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya»* [Proceedings of the First Russian-German conference, Omsk, May 23–24, 2002 “Problems of Road Traffic Safety”]. Vol. 2. Omsk, 2002, pp. 39–46.

13. Novikov I. A., Borovskoy A. E., Gorbun Y. V., et al. *Geographic information systems to improve road safety. Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications*. Conference proceedings, Moscow, 2021, p. 9416096. DOI: 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416096.

14. Rafiur Rahman, Mahyar Vahedi Saheli, Patrick A. Singleton. Risk factors for pedestrian crashes on state highway segments. Results from parametric and non-parametric approaches controlling for pedestrian exposure. *Transportation Research Board (TRB) 102-nd Annual Meeting AT*, Washington DC, 2021.

15. Zegeer C. V., et al. Index for assessing pedestrian safety at intersections. *Transportation Research Record*, 2006, vol. 1982(1), pp. 76–83.

16. Vahedi Saheli M., Effati M. Investigation of factors contributing to pedestrian crash severity in rural roads. *Journal of Injury and Violence Research*, 2019, vol. 11, p. 108.

17. Chen P., Zhou J. Effects of the built environment on automobile-involved pedestrian crash frequency and risk. *Journal of Transport & Health*, 2016, vol. 3 (4), pp. 448–456.

18. Schneider R. J., et al. Association between roadway intersection characteristics and pedestrian crash risk in Alameda County, California. *Transportation Research Record*, 2010, vol. 2198 (1), pp. 41–51.

19. Effati M., Vahedi Saheli M. Examining the influence of rural land uses and accessibility-related factors to estimate pedestrian safety: The use of GIS and machinelearning techniques. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 2022, vol. 11 (1), pp. 144–157.

20. Vahedi Saheli M., Effati M. Segment-based count regression geospatial modeling of the effect of roadside land uses on pedestrian crash frequency in rural roads. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 2021, vol. 19 (2), pp. 347–365.