

Т. В. Кулакова<sup>1</sup>, М. А. Моисеева<sup>2</sup>, Ю. Е. Шулика<sup>3</sup>, Е. М. Щукина<sup>4</sup>

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
г. Москва, Россия

<sup>1</sup>E-mail: tkulakova@hse.ru

<sup>2</sup>E-mail: mamoiseeva@hse.ru

<sup>3</sup>E-mail: yshulika@hse.ru

<sup>4</sup>E-mail: ekaterina.ddms@mail.ru

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТА ОТ НЕКАПИТАЛОЁМКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОКРАЩЕНИЮ АВАРИЙНОСТИ В МЕСТАХ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП В КРУПНЕЙШИХ РОССИЙСКИХ ГОРОДАХ

Статья посвящена анализу вклада некапиталоёмких мероприятий в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» в снижение количества мест концентрации дорожно-транспортных происшествий в российских городах с населением свыше 1 млн человек. На основании проведённого пространственного анализа был определён сезонный характер изменений количества дорожно-транспортных происшествий. Инструментами кластеризации программного обеспечения QGIS выявлены аварийно-опасные участки дорог в городах, а также установлено их совмещение с некапиталоёмкими мероприятиями. Далее с помощью методов статистического анализа, в частности критерия согласия Хи-квадрата Пирсона, деревьев классификаций, непараметрического критерия Манна-Уитни, оценивался факт сохранения/устранения мест концентрации дорожно-транспортных происшествий при проведении мероприятий национального проекта «Безопасные качественные дороги» и без них. Проведённое исследование позволило сделать вывод, что мероприятия проекта «Безопасные качественные дороги» не всегда приводят к устранению мест концентрации дорожно-транспортных происшествий и сокращению числа дорожно-транспортных происшествий в них. Эффект от мероприятий проекта «Безопасные качественные дороги» на аварийно-опасных участках, расположенных в районе перекрёстков и остановок общественного транспорта, значительно ниже, чем на других участках.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, проект «Безопасные качественные дороги», некапиталоёмкие мероприятия, пространственный анализ, непараметрические методы.

**Благодарности.** Статья подготовлена при финансовой поддержке Департамента образования и науки города Москвы.

**Для цитирования:** Кулакова Т. В., Моисеева М. А., Шулика Ю. Е., Щукина Е. М. Оценка эффекта от некапиталоёмких мероприятий по сокращению аварийности в местах концентрации ДТП в крупнейших российских городах // Псковский регионологический журнал. 2023. Т. 19. № 3. С. 158–175. DOI: <https://doi.org/10.37490/S221979310026760-9>

T. V. Kulakova<sup>1</sup>, M. A. Moiseeva<sup>2</sup>, Y. E. Shulika<sup>3</sup>, E. M. Shchukina<sup>4</sup>

HSE University, Moscow, Russia

<sup>1</sup>E-mail: tkulakova@hse.ru

<sup>2</sup>E-mail: mamoiseeva@hse.ru

<sup>3</sup>E-mail: yshulika@hse.ru

<sup>4</sup>E-mail: ekaterina.ddms@mail.ru

## EVALUATION OF THE EFFECT FROM NON-CAPITAL-INTENSIVE MEASURES TO REDUCE THE ACCIDENT RATE IN ROAD ACCIDENT CONCENTRATION SPOTS IN MAJOR RUSSIAN CITIES

*The article is devoted to the analysis of the of non-capital-intensive measures contribution within the framework of the national project “Safe Quality Roads” to the reduction the number of road accident concentration spots in Russian cities with a population of over 1 million people. Based on the spatial analysis, the seasonal nature of changes in the number of accidents was determined. The road accident concentration spots in the cities were identified with QGIS Software Clustering Tools, and their combination with non-capital-intensive measures was established. Using the statistical analysis, Pearson's chi-squared test, classification trees, the non-parametric Mann-Whitney test, the fact of saving/eliminating road accident concentration spots after or without road measures was evaluated. The study made it possible to conclude that measures of The National Program “Safe Quality Roads” do not always lead to the elimination of road accident concentration spots. The effect of the measures in the road accident concentration spots located near intersections and public transport stops is much lower than in other areas.*

**Keywords:** traffic accident, safe quality roads, non-capital-intensive measures, spatial analysis, nonparametric methods.

**Acknowledgements.** The article was prepared with the support of Department of Education and Science of Moscow.

**For citation:** Kulakova T. V., Moiseeva M. A., Shulika Y. E., Shchukina E. M. (2023), Evaluation of the effect from non-capital-intensive measures to reduce the accident rate in road accident concentration spots in major Russian cities, *Pskov Journal of Regional Studies*, vol. 19, no. 3, pp. 158–175. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.37490/S221979310026760-9>

**Введение.** Обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) в Российской Федерации в период 2011–2021 гг. характеризуется позитивными изменениями. Если в 2011 г. в России уровень социального риска составлял 19,56 единиц, то в 2021 г. он стал равен 10,7 единицам, а уровень транспортного риска в 2020–2021 гг. в стране снизился до 3 единиц.

Полученные показатели означают, что Россия сейчас достигла уровня обеспечения БДД как в странах-лидерах из мирового рейтинга БДД в период времени, когда их уровень автомобилизации населения был сопоставим с российским. Для транспортной политики это значимое событие.

Целый ряд факторов может быть использован для объяснения достижения результата при использовании общепринятых в мире методик анализа динамики транспортных рисков:

- рост уровня активной и пассивной безопасности эксплуатируемых в России автомобилей;
- улучшение дорожных условий и организации движения после ремонта и капитального ремонта автомобильных дорог в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» (НП БКД, БКД);
- существенный прогресс в организации оказания медицинской помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) в рамках того же национального проекта;
- реальные и хорошо измеряемые по статистическим рядам успехи в процессе так называемого «транспортного самообучения нации».

Однако дальнейшее улучшение ситуации затруднено в силу подкреплённой мировой статистикой аварийности закономерностью, называемой в экономической теории законом убывания предельной полезности или предельной производительности. В текущем десятилетии только Испания удалось поддержать среднегодовые темпы снижения социальных рисков в 6 %, в остальных странах-лидерах сколько-нибудь заметные темпы снижения этого показателя не наблюдались.

Конкретнее говоря, совокупность мероприятий, бюджетных и временных затрат, требуемых для снижения социального риска с 20 до 12 единиц, оказывается явно недостаточной для следующего шага — снижения социального риска с 12 до 4 единиц. Кроме того, паттерны транспортного поведения участников дорожного движения подвержены сильному влиянию процессов входа/выхода национальной экономики из экономических кризисов; это влияние находит количественное отражение в краткосрочных волнообразных нарушениях фундаментального нисходящего тренда смертности в ДТП, имевших место после кризисов 1998 и 2008–2010 гг. Указанная закономерность имеет в современных условиях исключительное практическое значение в части принятия дополнительных мер для купирования аналогичных посткризисных всплесков смертности в ДТП, вполне вероятных в 2023–2024 гг.

Многие дорожные службы в промышленно развитых странах начали повышать БДД на основе анализа и устранения точек повышенной опасности<sup>1</sup>. Данный подход основан на идее, что на конкретных участках дорожной сети одновременно существует несколько факторов, приводящих к аварийности. В соответствии с этим подходом можно воздействовать на факторы, способствующие аварийности, и, таким образом, устранить место повышенной опасности.

Практическое преимущество этого подхода заключается в том, что он устраняет ограничения по стоимости и времени, позволяет определять мероприятия для объектов с наибольшим количеством аварий и устанавливать приоритеты в выполнении мероприятий по повышению БДД. Поэтому в статье будут проанализированы эффекты от мероприятий именно в местах концентрации ДТП (МК ДТП).

**Цель статьи** заключается в оценке эффектов от некапиталоёмких мероприятий БКД в МК ДТП в крупнейших российских городах.

<sup>1</sup> World Health Organization. WHO global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. World Health Organization. 2013. [Электронный ресурс]: URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/78256> (дата обращения: 10.03.2023).

В статье приведены результаты исследования, состоящего из трёх этапов. На первом этапе исследования анализируется международный опыт определения МК ДТП и оценки эффективности мероприятий по снижению аварийности на участках дорог. На втором этапе приводится описание методологии по выявлению МК ДТП и результаты её применения на примере крупнейших городов России. Представлены пространственно-временные характеристики самих ДТП и выявленных аварийно-опасных участков дорог. На последнем этапе оценивается влияние проведения некапиталоёмких мероприятий национального проекта «Безопасные качественные дороги» (НП «БКД», БКД) на сохранение или устранение МК ДТП.

**Исходные предпосылки.** Мероприятия по снижению аварийности в местах концентрации часто признаются экономически эффективными [5]. В среднем устранение мест концентрации приводит к сокращению числа жертв ДТП на 18 % и в большинстве случаев является рентабельным [7].

Существует два основных подхода к оценке эффективности мер по снижению ДТП: перекрёстные исследования и исследования «до-после» [10]. В настоящее время существует общее согласие в том, что должным образом спланированные и проведённые исследования «до-после» дают более надёжные результаты, чем перекрёстные исследования по оценке эффективности мероприятий по повышению БДД. Для решения нескольких проблем оценки эффективности мер снижения ДТП в местах концентрации (миграция мест аварийности [4], эффект «смещения регрессии к среднему» [3], общие временные эффекты в литературе разработаны несколько подходов к проведению исследования «до-после»: нелинейная коррекция на объём трафика, использование контрольной группы и эмпирический Байесовский метод [9]. В силу отсутствия данных по объёму трафика в местах концентрации, а также данных за длительный период наблюдений (не менее трёх лет) в данной статье использовалось исследование «до-после» с экспериментальной и контрольной группами аварийно-опасных участков. К первой группе относятся МК ДТП, в которых проводились мероприятия БКД (экспериментальная группа) в 2018 и 2020 гг. Ко второй группе — те, в которых таких мероприятий не проводилось (контрольная группа).

Существует ряд статистических тестов, в частности,  $\chi^2$  Пирсона (или «Хи-квадрат»), позволяющих определить, соответствует ли доля той или иной характеристики, например, доля сохранившихся МК ДТП, доле, выявленной в группе аналогичных участков. В целом, статистический тест  $\chi^2$  — широко распространённый инструмент анализа данных по БДД, используемый для определения статистической значимости различий распределения ДТП в зависимости от периода времени или характеристик места, например, до и во время ковидных ограничений [12], или в зависимости от сезонности, дней недели, времени суток, на мокрых и сухих участках дороги<sup>2</sup>.

**Исходные данные: ДТП в крупнейших городах России.** Для оценки вклада НП БКД в снижение показателей аварийности был проведён пространственный анализ мероприятий БКД<sup>3</sup> по направлению «Безопасность» в связке с количеством зарегистрированных ДТП на основе данных ГИБДД по аварийности за год до и после проведения мероприятия. В статье были проанализированы данные НП БКД о

<sup>2</sup> Signalized Intersections: Informational Guide. 2004. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/04091/06.cfm> (дата обращения: 01.04.2023).

<sup>3</sup> Карта мероприятий НП «Безопасные качественные дороги». [Электронный ресурс]: URL: <https://bkdrf.ru/Map> (дата обращения: 01.03.2023).

проводимых некапиталоёмких мероприятиях в 2018 и 2020 гг. в 13 крупнейших российских городах с населением свыше 1 млн чел.: Волгоград, Воронеж, Екатеринбург, Казань, Красноярск, Нижний Новгород, Новосибирск, Омск, Пермь, Ростов-на-Дону, Самара, Уфа, Челябинск. Москва и С.-Петербург были исключены из исследования, так как за анализируемые годы в них не проводились мероприятия НП БКД.

В рамках БКД по направлению «Безопасность» производится установка светофорных объектов, пешеходных ограждений, дорожных знаков, а также проводятся профилактические мероприятия, например, по обеспечению БДД вблизи школ и детских садов, станций общественного транспорта, улучшению освещения и т. д. Мероприятия по ремонту анализируются отдельно, но определяются как некапиталоёмкие. Такие капиталоёмкие мероприятия, как капитальный ремонт, реконструкция и строительство, не учитывались, исходя из допущения о том, что существенное улучшение нормативного состояния дорожного полотна, повышение категоричности дороги, а также увеличение числа полос приводит к увеличению скорости движения и соответственно большему риску возникновения аварии.

Пространственные данные о ДТП в этих же городах за 2017, 2019 и 2021 гг. были взяты с портала некоммерческого проекта «Карта ДТП»<sup>4</sup>, в основе которого лежат данные Государственной инспекции БДД (ГИБДД). Набор данных по ДТП содержит сведения об их локации (координаты), времени и дате, а также атрибутивную информацию, включая:

- а) тип территориальной зоны города;
- б) объекты улично-дорожной сети (УДС) рядом с местом ДТП;
- в) дорожные условия и освещенность места ДТП.

Анализ данных ГИБДД показал, что в рассматриваемый период времени распределение ДТП по городам оставалось устойчивым: лидирующие позиции по количеству ДТП занимали Нижний Новгород, Омск, Казань, Уфа (табл. 1). Относительно небольшое количество ДТП было в Ростове-на-Дону, Волгограде, Новосибирске.

*Таблица 1*

Количество ДТП в крупнейших российских городах<sup>5</sup>

*Table 1*

The number of accidents in the Russian towns

Города\годы	2017	2019	в % к итогу	2021	в % к итогу
Волгоград	1262	1126	6	963	6
Воронеж	1209	1315	7	1294	8
Екатеринбург	730	1184	6	1246	8
Казань	2050	1954	10	1651	10
Красноярск	1489	1468	7	1110	7
Нижний Новгород	2075	2441	12	1893	12
Новосибирск	1577	1030	5	983	6
Омск	2257	2268	11	1604	10
Пермь	1691	1396	7	739	5
Ростов-на-Дону	1560	867	4	639	4

<sup>4</sup> Портал «Карта ДТП». [Электронный ресурс]: URL: <https://dtp-stat.ru/pages/about> (дата обращения: 01.03.2023).

<sup>5</sup> Источник: составлено авторами по данным ГИБДД России и портала «Карта ДТП»

Самара	1076	1342	7	1154	7
Уфа	1777	1949	10	1675	10
Челябинск	1872	1813	9	1345	8
Общий итог	20625	20153	100	16296	100

Исследованию влияния климатических условий на количество ДТП посвящён целый ряд работ как российских, так и зарубежных учёных [2; 6; 13]. На большей территории нашей страны наибольшие трудности при движении по дорогам водители испытывают в зимние месяцы и при смене сезонов — в осеннюю и весеннюю распутицу, а в южных регионах, где преобладает жаркий и сухой климат — летом. Так, в городах с низкой температурой в зимние месяцы и высокой нормой снежных осадков доля ДТП в условиях недостатков зимнего содержания достигает 20–25 % (от всех ДТП за год) (табл. 2).

Таблица 2

ДТП в крупнейших российских городах в зимних условиях 2019 г.<sup>6</sup>

Table 2

Accidents in major Russian cities in winter conditions in 2019

Города	ДТП в условиях недостатков зимнего содержания	ДТП в снег	Доля ДТП в условиях недостатков зимнего содержания	Температура трёх холодных месяцев, °С	Среднегодовая температура, °С	Норма осадков в январе мм	Доля ДТП в снег
Омск	574	81	<b>25 %</b>	–15	2,1	21	4 %
Новосибирск	225	64	<b>22 %</b>	–14,7	1,8	33	<b>6 %</b>
Екатеринбург	239	44	<b>20 %</b>	–11,5	3	25	4 %
Челябинск	351	53	19 %	–12,6	3,2	20	3 %
Уфа	320	93	16 %	–11,6	3,8	11	5 %
Пермь	205	89	15 %	–11,8	2,7	44	<b>6 %</b>
Самара	153	50	11 %	–9,4	5,6	56	4 %
Казань	212	132	11 %	–9,7	4,6	46	<b>7 %</b>
Нижний Новгород	226	75	9 %	–8,3	4,8	50	3 %
Красноярск	122	42	8 %	–13,9	1,6	17	3 %
Воронеж	66	8	5 %	–5,9	6,9	42	1 %
Волгоград	33	7	3 %	–1,9	10,4	37	1 %
Ростов-на-Дону	12	4	1 %	–2,6	9,9	49	0

Анализ динамики ДТП в разрезе дней недели и месяцев (табл. 3), а также дней недели и времени суток (рис. 1) позволяет сделать следующие выводы:

а) во втором полугодии аварий больше, чем в первом, самыми «аварийными» месяцами можно считать октябрь, декабрь, сентябрь и ноябрь;

<sup>6</sup> Источник: составлено авторами по данным ГИБДД, портала «Карта ДТП» и Гидрометцентра России (Гидрометцентр России. Климатические нормы. [Электронный ресурс]: URL: <https://meteoinfo.ru/climatcities> (дата обращения: 10.03.2023).

б) высокие показатели аварийности в тот или иной день недели определённого месяца коррелируют с праздничными днями или особыми событиями: например, самый аварийный день недели в марте — пятница (8 марта), в сентябре — воскресенье и понедельник (возращение из загородных домов в город, празднование дня знаний), в декабре — понедельник (30 декабря), в мае — среда (1 мая);

в) самые «аварийные» дни недели без привязки к месяцу — пятница, понедельник и четверг;

г) большое количество аварий с погибшими и пострадавшими происходит в утренние (с 7 до 9 утра) и вечерние часы-пик (с 4 до 8 вечера).

Наиболее распространены ДТП с особо тяжкими последствиями днём, при этом также опасным периодом суток являются сумерки [1].

Существенных различий между городами в части аварийности в разное время суток не выявлено, однако примечательно следующее. В то время, как в большинстве городов нашей выборки ДТП чаще всего случаются с сентября по декабрь, в Новосибирске, Ростове-на-Дону и Перми пик ДТП — в первом полугодии. В Новосибирске это отличие наблюдается особенно сильно — пиковые значения аварийности зафиксированы по данным за 2019 г. с января по апрель включительно. Помимо климатических особенностей города, стоит отметить, что Новосибирск остается одним из самых загруженных городов Сибири при положительных ежегодных приростах населения (по данным рейтинга Tomtom Traffic Index<sup>7</sup>).

Таблица 3

ДТП в крупнейших российских городах в разрезе месяцев и дней недели в 2019 г.<sup>8</sup>

Table 3

Road accidents in the largest Russian cities by months and days in 2019

Месяц	день недели							Всего	Доля
	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс		
Январь	218	263	243	269	218	203	188	<b>1602</b>	7,9 %
Февраль	214	189	194	222	235	174	141	<b>1369</b>	6,8 %
Март	189	192	192	211	233	196	202	<b>1415</b>	7,0 %
Апрель	227	256	189	204	197	204	163	<b>1440</b>	7,1 %
Май	205	214	283	252	247	177	176	<b>1554</b>	7,7 %
Июнь	247	247	207	215	249	256	191	<b>1612</b>	8,0 %
Июль	294	263	273	238	244	192	183	<b>1687</b>	8,4 %
Август	238	234	237	291	317	256	188	<b>1761</b>	8,7 %
Сентябрь	325	249	271	277	304	232	253	<b>1911</b>	9,5 %
Октябрь	299	326	324	315	313	267	237	<b>2081</b>	10,3 %
Ноябрь	230	231	275	278	327	306	163	<b>1810</b>	9,0 %
Декабрь	354	288	253	271	271	240	234	<b>1911</b>	9,5 %
Общий итог	<b>3040</b>	<b>2952</b>	<b>2941</b>	<b>3043</b>	<b>3155</b>	<b>2703</b>	<b>2319</b>	<b>20153</b>	

<sup>7</sup> Tomtom Traffic Index 2021. [Электронный ресурс]: URL: <https://nonews.co/wp-content/uploads/2022/02/TomTom2021.pdf> (дата обращения: 12.04.2023).

<sup>8</sup> Источник: рассчитано авторами по данным ГИБДД.

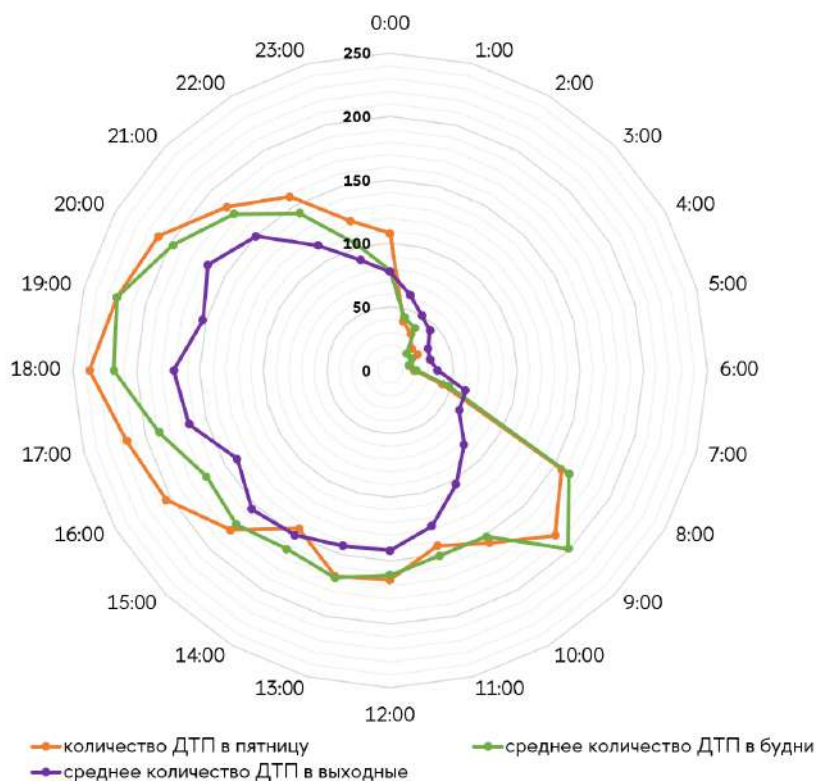


Рис. 1. ДТП в крупнейших российских городах в зависимости от дней недели и времени суток в 2019 г.<sup>9</sup>

Fig. 1. Road accidents in largest Russian cities by days of the week and hours in 2019

**Методология выявления мест концентрации ДТП.** Как показало изучение международного опыта, для детального анализа причин аварийности в целях разработки и осуществления эффективных управленческих решений и мер по повышению БДД необходимо выявление МК ДТП.

В странах существуют разные показатели опасности участков дорог.

В Великобритании участок дороги считается опасным, если на участке дороги протяжённостью 0,16 км (0,1 мили) в течение трёх лет произошло одно или несколько ДТП с пострадавшими [11].

В Болгарии местом концентрации аварий является участок, на котором в течение одного года произошло две или более аварий, и на каждые 100 м его длины приходится одна или более аварий. Длина площадки составляет 100/200 м, а длина участка — 200 м.

В России в соответствии с Федеральным законом «О безопасности дорожного движения»<sup>10</sup>, «аварийно-опасный участок дороги (место концентрации ДТП)» — это

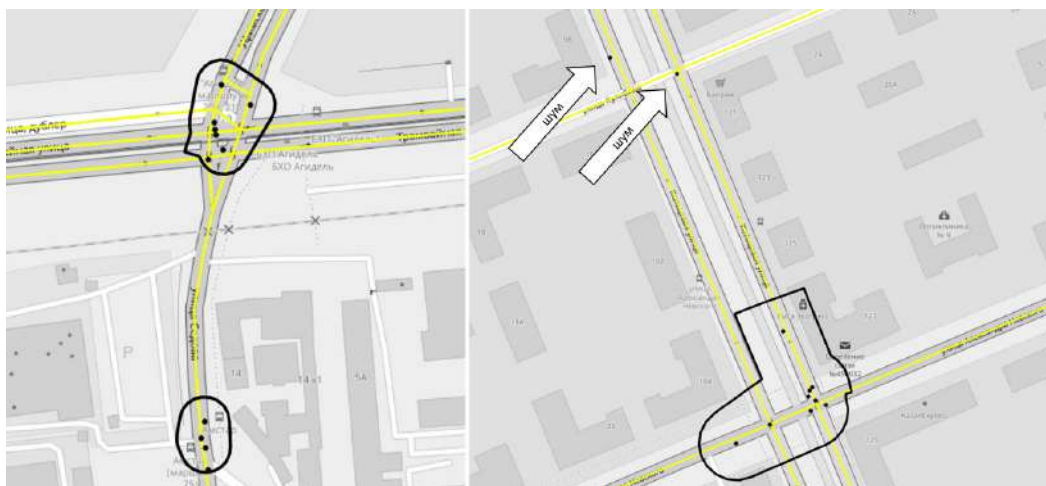
<sup>9</sup> Источник: рассчитано авторами по данным ГИБДД.

<sup>10</sup> Федеральный закон от 3 июля 2016 г. N 296-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О безопасности дорожного движения» и статью 4 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации». [Электронный ресурс]: URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_200648/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200648/) (дата обращения: 01.03.2023).



участок дороги, улицы, не превышающий 1000 метров вне населённого пункта или 200 метров в населённом пункте, либо пересечение дорог, улиц, где в течение отчётного года произошло три и более ДТП одного вида или пять и более ДТП независимо от их вида, в результате которых погибли или были ранены люди.

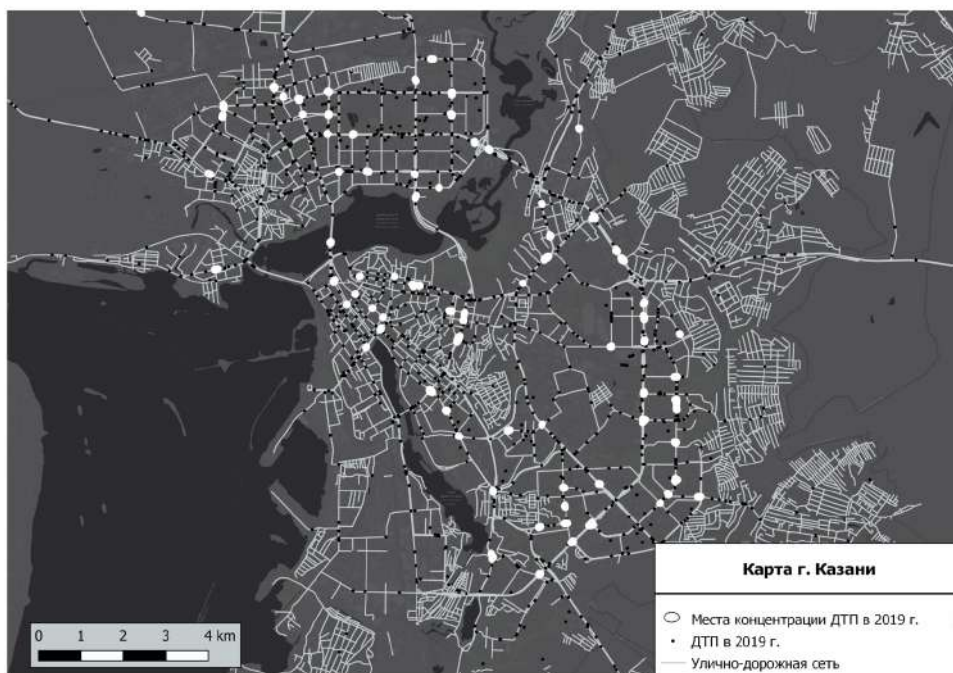
Таким образом, в исследовании используется численный метод определения МК ДТП. Основываясь на утвержденном определении МК ДТП в Федеральном законе, инструментом кластеризации вида DBSCAN программного обеспечения QGIS были сформированы искомые участки с пороговым значением числа ДТП (с погибшими и/или пострадавшими) равным 3 одного вида, а также равным 5 разных видов в пределах длины участка не более 200 м. Инструмент пространственной кластеризации основан на плотности, алгоритм группирует вместе точки, которые расположены друг от друга в пределах заданной дистанции [8]. Точечные объекты, недостижимые через основную точку, а также недостижимые по плотности точки кластеры, определяются как шум и не входят в кластер (рис. 2). Кластеры были сформированы для каждого вида ДТП по отдельности, а также для ДТП всех видов. Пересекающиеся кластеры редуцировались до одного, исходя из видовой принадлежности ДТП входящих в них.



**Рис. 2.** Пример формирования основанных на плотности пространственных кластеров с 5 и более случаями ДТП разных категории

**Fig. 2.** An example of Density-Based Spatial Clustering with 5 or more accidents of different categories

Таким образом, за 2017 г. было выявлено 600 МК ДТП, из них 215 — всех категорий, 237 — категории «столкновение», 141 — «наезд на пешехода», 7 — «падение пассажира»; за 2019 г. было выявлено 788 МК ДТП, из них 295 — всех категорий, 343 — категории «столкновение», 133 — «наезд на пешехода», 17 — «падение пассажира»; за 2021 г. было сформировано 542 МК ДТП, из них 145 — всех категорий, 283 — категории «столкновение», 106 — «наезд на пешехода», 8 — «падение пассажира». На рисунке 3 представлен пример карты-схемы г. Казани с выявленными аварийно-опасными участками дорог на базе данных о ДТП за 2019 г. Аналогичные карты-схемы были сформированы по остальным городам с МК ДТП в 2017, 2019 и 2021 гг.



**Рис. 3.** Карта-схема г. Казани с выявленными аварийно-опасными участками дорог по данным о месторасположении ДТП за 2019 г.

**Fig. 3.** Map of the city of Kazan with identified hotspots of road accidents based on data

В ходе исследования были определены 60 МК ДТП, которые сохранялись и в 2017, и в 2019, и в 2021 гг., среди них 56 были расположены в зоне многоквартирной застройки и 52 на перекрёстках (табл. 4). В Омске и Ростове-на-Дону в 2019 г. сохранилось около 30 % МК ДТП, выявленных по итогам 2017 г. До 45 % аварийно-опасных участков сохранилось с 2019 г. в 2021 г. в таких городах как Челябинск и Омск, до 30–35 % — Казань, Уфа, Воронеж.

*Таблица 4*

Количество выявленных МК ДТП в разных городах в 2019 г.<sup>11</sup>

*Table 4*

The number of identified road accident concentration spots in different cities in 2019

Город	2017 г.	2019 г.	в том числе сохранённые	2021 г.	в том числе сохранённые	
			с 2017 г.		с 2019 г.	с 2017 г.
Нижний Новгород	46	108	12	78	23	<b>6</b>
Уфа	55	93	19	76	23	<b>8</b>
Омск	84	109	34	65	27	<b>11</b>

<sup>11</sup> Примечание «под звёздочкой»: данные ГИБДД за 2017 г. имеют большое количество неточностей в части координат привязки, что не позволяло вычлнить МК ДТП. Путём ручной обработки пространственной привязки была произведена попытка восстановления координат в соответствии с зафиксированными адресами ДТП.

Челябинск	63	88	20	60	27	<b>11</b>
Казань	62	85	19	55	20	<b>8</b>
Воронеж	34	49	10	54	17	<b>6</b>
Волгоград	27	46	11	34	7	<b>3</b>
Красноярск	43	45	5	34	5	<b>3</b>
Самара	42	53	8	28	6	<b>1</b>
Екатеринбург	3	21	0	20	1	<b>0</b>
Новосибирск	33	23	5	18	5	<b>2</b>
Пермь	53	44	10	10	1	<b>0</b>
Ростов-на-Дону	55	24	7	10	1	<b>1</b>
Общий итог	600*	788	160	542	163	<b>60</b>

Доля ДТП в выявленных МК ДТП по городам составляет от 6 до 26 % (табл. 5). При этом большая доля аварий в МК ДТП характерна для городов с высоким уровнем аварийности: Нижний Новгород, Омск, Казань, Уфа, Челябинск.

Таблица 5

ДТП в местах концентрации

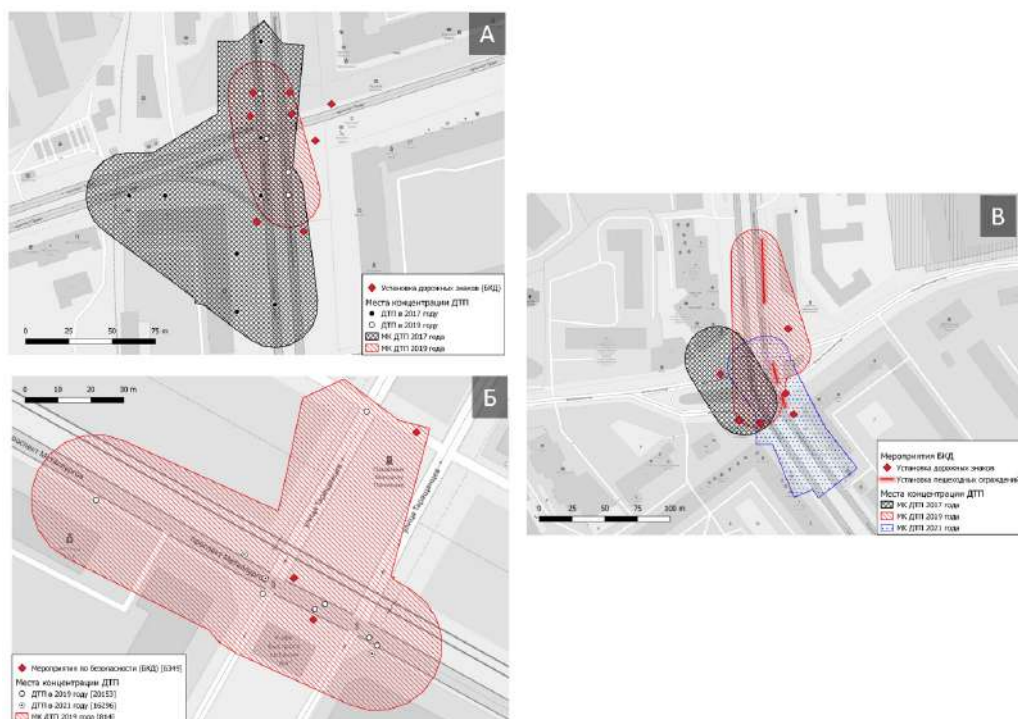
Table 5

Number of road accidents in concentration spots

Города	Количество ДТП		ДТП в местах концентрации в % к общему количеству ДТП в городе	
	2019	2021	2019	2021
Волгоград	202	138	18	14
<b>Воронеж</b>	234	259	18	<b>20</b>
Екатеринбург	86	74	7	6
<b>Казань</b>	408	259	<b>21</b>	16
Красноярск	176	117	12	11
<b>Нижний Новгород</b>	519	348	<b>21</b>	18
Новосибирск	82	68	8	7
<b>Омск</b>	590	285	<b>26</b>	18
Пермь	196	37	14	5
Ростов-на-Дону	90	34	10	5
Самара	230	105	17	9
<b>Уфа</b>	476	331	<b>24</b>	<b>20</b>
<b>Челябинск</b>	396	270	<b>22</b>	<b>20</b>

**Результаты исследования.** В ходе проведения пространственного анализа были выявлены частные примеры как успешной реализации мероприятий БКД, так и примеры неэффективных мероприятий, что выражается в сохранении МК ДТП со временем (рис. 4). Так, на карте-схеме можно видеть, что в г. Воронеже в одном случае МК ДТП сохранилось, однако количество ДТП резко сократилось с 11 в 2017 г. до

4 в 2019 г. (рисунок «А»), другой случай относится к «неисправимому» МК ДТП при наличии мероприятий БКД по безопасности в 2018 и 2020 гг. (рисунок «В»). Вместе с тем, есть и успешные примеры проведенных мероприятий — на одном из участков дорожной сети в Волгограде МК ДТП за 2019 г. устранилось в 2021 г. (рисунок «Б»).



**Рис. 4.** Примеры реализации мероприятий БКД по безопасности (слева и справа — г. Воронеж, по середине — г. Волгоград)

**Fig. 4.** Examples of the implementation of The National Program “Safe Quality Roads” (left and right — Voronezh, in the middle — Volgograd)

Гипотеза о наличии взаимосвязи между проведением мероприятий БКД и сохранением или устранением МК ДТП может быть проверена с помощью построения таблицы сопряженности и критерия  $\chi^2$  Пирсона (или «Хи-квадрат»), который фиксирует степень расхождения реальных и ожидаемых в случае отсутствия зависимости частот. Если рассчитанное значение  $\chi^2$  превышает теоретическое значение  $\chi^2$  и p-value меньше 5 %, можно сделать вывод о наличии значимых различий между наблюдаемыми и ожидаемыми значениями.

В ходе исследования было выявлено всего 1388 МК ДТП, из них в 264 в 2018 и 2020 гг. проводились некапиталоёмкие мероприятия БКД. В результате в 85 случаях, т. е. в 32,2 % МК ДТП сохранились, в 179 (67,8 %) случаях — были устранены. В тех МК ДТП, где мероприятия БКД не проводились, они сохранялись только в 21,2 % случаев и в 78,8 % ликвидировались. При этом полученные значения  $\chi^2$  позволяют опровергнуть гипотезу об отсутствии связи между проведением мероприятий БКД и устранением аварийно-опасных участков (табл. 6).

Таблица сопряжённости: частота сохранения МК ДТП при проведении мероприятий БКД<sup>12</sup>

Table 6

Contingency table: frequency of saved road accident concentration spots during the National Program "Safe Quality Roads" measures

		МК ДТП		Всего	
		Устранилось	Сохранилось		
Мероприятие БКД	Не проводилось	Количество	886	238	1124
		% в БКД	78,8	21,2	100,0
	Проводилось	Количество	179	85	264
		% в БКД	67,8	32,2	100,0
Всего		Количество	1065	323	1388
		% в БКД	76,7	23,3	100,0

При этом мероприятия БКД могут иметь разный эффект в зависимости от наличия тех или иных объектов транспортной инфраструктуры вблизи МК ДТП. Проведённое исследование показало, что большое количество МК ДТП формируется на перекрёстках дорог: если из общего числа ДТП на перекрёстках происходит 57 %, то из общего числа аварийно-опасных участков на перекрёстки приходится 78 %.

В связи с этим была сформулирована гипотеза, что наличие перекрёстка может оказывать влияние на сохранение или устранение МК ДТП при проведении мероприятий БКД. Для проверки были построены деревья классификации, которые представляют собой метод классификационного анализа, позволяющий предсказывать принадлежность объектов к тому или иному классу в зависимости от соответствующих значений признаков, характеризующих объекты. Таким образом, метод позволит выявить, какие сочетания предикторов обуславливают сохранение МК ДТП при проведении БКД. Так как деревья классификации опираются на Хи-квадрат, то метод может работать с дихотомическими категориальными переменными. Интерес представляют те «ветки решений», которые предсказывают большую долю сохранения МК ДТП через год после проведения мероприятия в одних условиях (наличие перекрёстка, остановки общественного транспорта вблизи аварийно-опасного участка), в сравнении с аналогичным показателем, но в отсутствие таких условий.

В соответствии с полученными результатами видно (рис. 5), что эффект от мероприятий БКД в МК ДТП, расположенных в районе перекрёстков ниже, чем в других местах: сохраняется 35,6 % МК ДТП против 20,3 % в отсутствие перекрёстка. Кроме того, в случае расположения места концентрации на перекрёстке отвергается гипотеза об отсутствии связи между сохранением/ликвидацией МК ДТП и проведением в них мероприятий на перекрёстках и вне их. Таким образом, может быть сделан вывод о том, что на перекрёстках проведение мероприятий БКД не обеспечивает устранение МК ДТП.

Методом построения дерева классификации была также проверена гипотеза о том, что наличие остановки общественного транспорта может также оказывать влияние на сохранение или устранение МК ДТП при проведении мероприятий БКД. Результаты показали, что в случае расположения аварийно-опасного участка дороги вблизи остановки общественного транспорта вероятность его устранения ниже, чем

<sup>12</sup> Примечание: Хи-квадрат Пирсона 14,547, ст. св. 1, асимптотическая значимость (2-сторонняя): 0,000.

в отсутствие такого объекта. При этом эффект от проведения некапиталоёмкого мероприятия БКД с точки зрения устранения МК ДТП ниже.

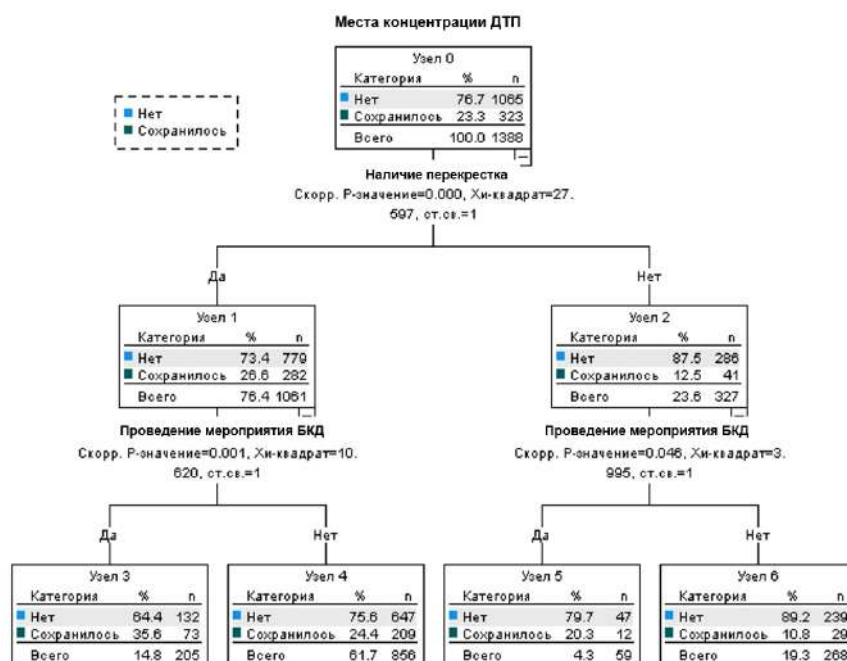


Рис. 5. Дерево классификации сохранения МК ДТП на перекрёстках и других участках дорог при проведении мероприятий БКД, по данным 2017–2021 гг.

Fig. 5. Classification tree for road accident concentration spots at intersections during the National Program “Safe Quality Roads” measures in 2017–2021

Теперь проведём сравнительный анализ количества ДТП в местах их концентрации до и после проведения некапиталоёмких мероприятий. Для оценки эффектов от мероприятий БКД в исследовании была проверена следующая гипотеза  $H_0$ : среднее сокращение количества ДТП в местах концентрации 2019 г. при проведении некапиталоёмкого мероприятия БКД отличается по сравнению со случаями непроведения мероприятий.

В рамках БКД в 2020 г. в МК ДТП 2019 г. было проведено 108 некапиталоёмких мероприятий, из них 31 мероприятие по направлению «Безопасность» и 79 некапитальных ремонтов.

Далее было проанализировано изменение количества ДТП во всех МК ДТП 2019 г., в т. ч. в тех случаях, когда в 2021 г. эти участки дорожной сети уже не могли быть классифицированы как МК ДТП. В силу подхода к формированию МК ДТП распределение приростов количества ДТП в местах концентрации не является нормальным (проверка по критерию Колмогорова-Смирнова), поэтому для проверки гипотезы  $H_0$  использовался непараметрический критерий Манна — Уитни, который показал, что имеет место статистически значимая разница (асимптотическая значимость U Манна — Уитни ниже порогового значения 5 %) в сокращении количества ДТП в местах концентрации, где были проведены мероприятия БКД и где они проведены не были (табл. 7).

Результаты расчёта критерия Манна — Уитни<sup>13</sup>

The results of the calculation of the Mann — Whitney criterion

	БКД	N	Средний ранг	Сумма рангов
Изменение количества ДТП 2021 г. относительно 2019 г., %	нет	108	94,93	10252,50
	мероприятие БКД	108	122,07	13183,50
	Всего	216		
U Манна-Уитни	4366,500			

Однако среднее количество ДТП в 2021 г. относительно 2019 г. сократилось меньше в местах проведения мероприятий БКД в 2020 г. (на 53 % против 65 %). Возможно, это объясняется тем, что для проведения мероприятий БКД отбираются наиболее аварийно-опасные участки УДС, на которых сложно устранить факторы возникновения ДТП. Приведение покрытия дорожного полотна в нормативное состояние приводит к увеличению скорости движения и соответственно увеличивает вероятность аварии. Так, в результате аудиторской проверки Счётной палатой Российской Федерации по итогам 2021 г. было выявлено, что в отдельных регионах на автодорогах, на которых проводились ремонтные работы, действительно наблюдалось увеличение ДТП. Ведомство обращало внимание на то, что ремонтные работы проводились без сопутствующих работ по обеспечению безопасности этих участков<sup>14</sup>.

**Выводы.** В ходе проведения исследования было выявлено следующее.

1. Различия в уровне аварийности в крупнейших по населению российских городах определяется спецификой их планировочных характеристик и климатических условий. Так, в городах с низкой температурой в зимние месяцы и высокой нормой снежных осадков доля ДТП в условиях недостатков зимнего содержания достигает 20–25 %.

2. Колебания количества аварий с погибшими и пострадавшими имеют сезонный характер и зависят от дня недели и времени суток. Во втором полугодии аварий больше, чем в первом, самыми «аварийными» месяцами можно считать октябрь, декабрь, сентябрь и ноябрь. Самые «аварийные» дни недели — пятница, понедельник и четверг. Большое количество аварий с погибшими и пострадавшими происходит в утренние (с 7 до 9 утра) и вечерние часы пик (с 4 до 8 вечера).

3. В результате анализа МК ДТП было установлено, что доля ДТП в выявленных аварийно-опасных участках дорог по разным городам составляет от 6 до 26 % от общего количества ДТП в городах.

4. В ходе исследования были определены 60 участков УДС, где МК ДТП сохранились и в 2017, и в 2019, и в 2021 гг. Большая часть из них была расположена в зоне многоквартирной застройки и на перекрёстках. Больше всего аварийно-опасных участков дорог сохраняется в Омске, Ростове-на-Дону, Челябинске, Казани, Уфе и Воронеже.

В целом проведённое исследование позволило сделать вывод, что мероприятия БКД не всегда приводят к устранению МК ДТП и снижению числа ДТП в них. При этом мероприятия БКД могут иметь разный эффект в зависимости от наличия тех или иных объектов транспортной инфраструктуры вблизи МК ДТП. Так, эффект от меро-

<sup>13</sup> Примечание: асимп. знач. (двухсторонняя): 0,001.

<sup>14</sup> Богомолов В. Н., аудитор Счётной палаты Российской Федерации. Как реализуется проект «Безопасные качественные дороги». [Электронный ресурс]: URL: <https://ach.gov.ru/news/bkd-dostoinstva-proekta-i-nedostatki-ego-realizatsii> (дата обращения: 23.05.2023).

приятий БКД на аварийно-опасных участках, расположенных в районе перекрёстков и остановок общественного транспорта значительно ниже, чем на других участках.

Проведённое исследование позволило выделить направления для будущих исследований. В частности, необходим учёт технических параметров и характеристик автомобильных дорог, данных приведённой среднесуточной интенсивности, что представляется наиболее сложной задачей в современных реалиях транспортной статистики в России, т. к. нужны данные по участкам УДС. Важным представляется дальнейшая корректировка МК ДТП с учётом установленных обстоятельств ДТП относительно виновника аварии, в т. ч. произошедшие по причинам, независящим от параметров УДС.

### Литература

1. Печатнова Е. В., Кузнецов В. Н. Факторы возникновения дорожно-транспортных происшествий с особо тяжкими последствиями // Вестник СибАДИ. 2022. Т. 19. № 2 (84). С. 224–235. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-224-235>.
2. Якунин И. Н., Меньших О. М., Шунгулов Д. М. Исследование влияния высокой температуры окружающей среды на безопасность автотранспортного процесса // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 7. С. 138–145. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2019-7-138>.
3. Abbess C., Jarrett D., Wright C. C. Accidents at blackspots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the “regression-to-mean” effect // Traffic Engineering & Control. 1981. Vol. 22. No. 10. HS-032. P. 532–542.
4. Boyle A. J., Wright C. C. Accident migration after remedial treatment at accident blackspots // Traffic Engineering and Control. 1984. Vol. 25. No. 5. P. 260–267.
5. Brandstaetter C., Yannis G., Evgenikos P., Argyropoulou E., Papantoniou P., Reurings M., Haddak M. Annual Statistical Report // Deliverable D3. 2012. Vol. 9.
6. Khalil E. E., Eldegwy A. E. Passengers’ thermal comfort in private car cabin in hot climate // 2018 Joint Propulsion Conference. 2018. P. 4613. <https://doi.org/10.2514/6.2018-4613>.
7. Elvik R. Meta-analysis of evaluations of public lighting as accident countermeasure // Transportation Research Record. 1995. Vol. 1485. No. 1. P. 12–24.
8. Ester M., Kriegel H.P., Sander J., Xu X. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise // Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining / Evangelos Simoudis, Jiawei Han, Usama M. Fayyad. AAAI. Press. 1996. P. 226–231.
9. Hauer E. An application of the likelihood/Bayes approach to the estimation of safety countermeasure effectiveness // Accident Analysis & Prevention. 1983. Vol. 15. No. 4. P. 287–298. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(83\)90053-2](https://doi.org/10.1016/0001-4575(83)90053-2).
10. Hauer E. Observational before/after studies in road safety. estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety // Pergamon, Oxford. 1997. 289 p.
11. Jones V. E. Remedial measures at hazardous locations on highways // International highway safety conference, Belgrade, Yugoslavia, October 20–23, 1981. Miscellanies-technical papers, 1981. P. 10.
12. Saladié Ó., Bustamante E., Gutiérrez A. COVID-19 lockdown and reduction of traffic accidents in Tarragona province, Spain // Transportation research interdisciplinary perspectives. 2020. Vol. 8. P. 100218.
13. Zhao S., Zhu B., Wang R. Study of the influence on the comfort of vehicle cabin thermal environment and improve cabin thermal environment comfort // Fluid Machinery. 2016. Vol. 44. No. 7. P. 70–76.

### References

1. Pechatnova E. V., Kuznetsov V. N. (2022), Factors causing road traffic accidents with particularly serious consequence, *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, no. 19 (2), pp. 224–235. (In Russ.). <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-2-224-235>.
2. Yakunin I. N., Menshikh O. M., Shungulov D. M. (2019), Study of the influence of high ambient temperature on the safety of the road transport process, *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments], vol. 7, pp. 138–145. (In Russ.). <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2019-7-138>.
3. Abbess C., Jarrett D., Wright C. C. (1981), Accidents at blackspots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the “regression-to-mean” effect, *Traffic Engineering & Control*, vol. 22, no. 10, HS-032, pp. 532–542.



4. Boyle A. J., Wright C. C. (1984), Accident migration after remedial treatment at accident blackspots, *Traffic Engineering and Control*, no. 25 (5), pp. 260–267.
5. Brandstaetter C., Yannis G., Evgenikos P., Argyropoulou E., Papantoniou P., Reurings M., Haddak M. (2012), Annual Statistical Report, *Deliverable D3*, vol. 9.
6. Khalil E. E., Eldegwy A. E. (2018), Passengers' thermal comfort in private car cabin in hot climate, *2018 Joint Propulsion Conference*, p. 4613. <https://doi.org/10.2514/6.2018-4613>.
7. Elvik R. (1995), Meta-analysis of evaluations of public lighting as accident countermeasure, *Transportation Research Record*, no. 1485 (1), pp. 12–24.
8. Ester M., Kriegel H. P., Sander J., Xu X. (1996), A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise, *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, Evangelos Simoudis, Jiawei Han, Usama M. Fayyad, AAAI, Press, vol. 96, no. 34, pp. 226–231.
9. Hauer E. (1983), An application of the likelihood/Bayes approach to the estimation of safety countermeasure effectiveness, *Accident Analysis & Prevention*, no. 15 (4), pp. 287–298. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(83\)90053-2](https://doi.org/10.1016/0001-4575(83)90053-2)
10. Hauer E. (1997), Observational before/after studies in road safety. estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety, *Pergamon, Oxford*, 289 p.
11. Jones V. (1981), Remedial measures at hazardous locations on highways. *International Highway Safety Conference*, Belgrade, Yugoslavia, October 20–23, 1981. Miscellanies-technical papers, p. 10.
12. Saladié Ò., Bustamante E., Gutiérrez A. (2020), COVID-19 lockdown and reduction of traffic accidents in Tarragona province, Spain, *Transportation research interdisciplinary perspectives*, vol. 8, p. 100218.
13. Zhao S., Zhu B., Wang R. (2016), Study of the influence on the comfort of vehicle cabin thermal environment and improve cabin thermal environment comfort, *Fluid Machinery*, vol. 44 (7), pp. 70–76.

#### Сведения об авторах

**Кулакова Татьяна Владимировна** — доктор экономических наук, директор центра экономики транспорта Института экономики транспорта и транспортной политики Факультета городского и регионального развития, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия.

E-mail: [tkulakova@hse.ru](mailto:tkulakova@hse.ru)

ORCID: 0000-0003-0247-6849

**Моисеева Мария Александровна** — главный эксперт центра экономики транспорта Института экономики транспорта и транспортной политики Факультета городского и регионального развития, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия.

E-mail: [mamoiseeva@hse.ru](mailto:mamoiseeva@hse.ru)

ORCID: 0000-0002-9308-6346

**Шулика Юлия Евгеньевна** — кандидат политических наук, ведущий аналитик центра экономики транспорта Института экономики транспорта и транспортной политики Факультета городского и регионального развития, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия.

E-mail: [yshulika@hse.ru](mailto:yshulika@hse.ru)

ORCID: 0000-0003-4032-1477

**Щукина Екатерина Михайловна** — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник центра экономики транспорта Института экономики транспорта и транспортной политики Факультета городского и регионального развития, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия.

E-mail: [ekaterina.ddms@mail.ru](mailto:ekaterina.ddms@mail.ru)

ORCID: 0000-0002-9405-9884

*About the authors*

**Kulakova Tatiana Vladimirovna**, Doctor of Economics, Director of Centre for Transport Economics in Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies of Faculty of Urban and Regional Development, HSE University, Moscow, Russia.

E-mail: [tkulakova@hse.ru](mailto:tkulakova@hse.ru)

ORCID: 0000-0003-0247-6849

**Moiseeva Maria Alexandrovna**, Chief Expert of Centre for Transport Economics in Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies of Faculty of Urban and Regional Development, HSE University, Moscow, Russia.

E-mail: [mamoiseeva@hse.ru](mailto:mamoiseeva@hse.ru)

ORCID: 0000-0002-9308-6346

**Shulika Yulia Evgenyevna**, Candidate of Sciences (Politics), Leading Analyst of Centre for Transport Economics in Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies of Faculty of Urban and Regional Development, HSE University, Moscow, Russia.

E-mail: [yshulika@hse.ru](mailto:yshulika@hse.ru)

ORCID: 0000-0003-4032-1477

**Shchukina Ekaterina Mikhailovna**, Candidate of Sciences (Economics), Senior Research Fellow of Centre for Transport Economics in Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies of Faculty of Urban and Regional Development, HSE University, Moscow, Russia.

E-mail: [ekaterina.ddms@mail.ru](mailto:ekaterina.ddms@mail.ru)

ORCID: 0000-0002-9405-9884

*Поступила в редакцию 20.07.2023 г.*

*Поступила после доработки 25.08.2023 г.*

*Статья принята к публикации 07.09.2023 г.*

*Received 20.07.2023.*

*Received in revised form 25.08.2023.*

*Accepted 07.09.2023.*