



Анализ причин изменения пространственной структуры рисков дорожно-транспортной аварийности в Тюмени

Е. В. Лихайрова ✉, А. И. Петров

Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, Тюмень, 625000,
Российская Федерация

✉ lihajrovaev@tyuiu.ru



Аннотация. В данной статье анализируются факт и причины изменений структурных особенностей риска дорожно-транспортной аварийности на отдельных магистральных улицах г. Тюмени с 2015 по 2022 гг. Проведено сравнение данных дорожно-транспортной аварийности на трех важнейших транспортных артериях города (участках ул. Республики, ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой, ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской) за 2015 и 2022 гг. Выявлены структурные особенности рисков аварийности. Установлено, что для улиц, локализованных в центре города, срединной и периферийной частях, структура рисков аварийности в течение 8 лет кардинально изменилась: 1) на центральной магистральной ул. Республики отмечено снижение годового числа ДТП на 19.1 %, снижение годового числа пострадавших в ДТП – на 20.0 %; 2) на участке ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой наблюдается увеличение годового числа ДТП на 34.5 % и увеличение годового числа пострадавших в ДТП на 23.4 %; 3) на участке ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской зафиксирован 2-3-кратный рост показателей дорожной аварийности: годовое число ДТП увеличилось на 217.6 %, годовое число пострадавших в ДТП – на 136.7 %. В центре города при общем снижении рисков аварийности изменились количественные и качественные соотношения между аварийностью на перекрестках и перегонах. Результаты данного исследования могут служить основой для выработки практических решений по повышению безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения (БДД), дорожно-транспортная аварийность, риск аварийности, структура риска

Для цитирования: Лихайрова Е. В., Петров А. И. Анализ причин изменения пространственной структуры рисков дорожно-транспортной аварийности в Тюмени. *Архитектура, строительство, транспорт*. 2024;(3):99–110. <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-3-99-110>

Analysis of the causes of changes in the spatial structure of traffic accident risk in Tyumen

Evgeniia V. Likhajrova ✉, Artur I. Petrov

Industrial University of Tyumen, 38 Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russian Federation

✉ lihajrovaev@tyuiu.ru



Abstract. The study examines the factors and causes of changes in the structural characteristics of road accidents on selected major streets of Tyumen from 2015 to 2022. The authors compared road accident data collected in 2015 and in 2022 for three main thoroughfare of the city: Respubliki street, 50 Let VLKSM – Zapolnaya – Chernyshevskogo street, Fedyuninskogo – Bypass Tyumen road – Zakaluzhskaya street. Structural

characteristics of accident risks have been identified. The study found that the structure of accident risks for streets located in the city center, middle, and peripheral areas has undergone a significant change over the past 8 years. 1. On the central arterial Respubliki street, a decrease in the annual number of accidents by 19.1 % and a decrease in the annual number of injured in accidents by 20.0 % was observed. 2. On the section of 50 Let VLKSM – Zapolnaya – Chernyshevskogo – Poleyaya street, there was an increase in the annual number of accidents by 34.5 % and an increase in the annual number of injured in accidents by 23.4 %. 3. On the section of Fedyuninskogo – Bypass Tyumen Road – Zakaluzhskaya Street, a 2-3-fold increase in road accident indicators was recorded: the annual number of accidents increased by 217.6 %, the annual number of injured in accidents by 136.7 %. In the city center, with an overall reduction in accident risks, the quantitative and qualitative ratios between accidents at intersections and on road segments have changed. The results of this study can serve as a basis for developing practical solutions to improve road safety.

Keywords: road safety, road accidents, accident risk, risk structure

For citation: Likhajrova E. V., Petrov A. I. Analysis of the causes of changes in the spatial structure of traffic accident risk in Tyumen. *Architecture, Construction, Transport*. 2024;(3):99–110. (In Russ.) <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-3-99-110>



1. Введение

Проблема оценки технологических рисков дорожно-транспортной аварийности и поиск путей их снижения являются достаточно актуальными для мировой науки и практики [1, 2], однако в нашей стране данной тематике уделяют сравнительно небольшое внимание [3]. В российской науко-фере, связанной с вопросами оптимизации функционирования дорожно-транспортного комплекса, основное внимание уделяется оценке абсолютных показателей безопасности дорожного движения (БДД) [3], установлению общих трендов, выявлению причин формирования тенденций. С позиции рисков дорожно-транспортную аварийность рассматривают редко, и это открывает достаточно широкое поле для исследовательских изысканий. В этой связи необходимо констатировать, что задача общей оценки рисков дорожно-транспортной аварийности, структурной дифференциации рисков получения травм, ранения, гибели в ДТП, сравнения их в динамике и попытка анализа причин изменения структуры рисков являются для нашей страны актуальными [4].

По имеющейся информации, за последние 9 лет (2015–2023 гг.) в Российской Федерации зафиксировано 1 397 158 ДТП, в которых погибло 157 407 человек и получили ранения 1 770 472 человек¹ [3]. Доля этой трагической статистики, приходящаяся на г. Тюмень, составляет соответственно 0.23/1.06 %. С учетом того, что в общей численности населения РФ доля Тюмени составляет 0.59 %², можно констатировать, что общая ситуация в сфере БДД в нашем городе может быть охарактеризована как весьма проблемная.

Этот вывод можно сделать прежде всего в отношении вероятности участия в ДТП (высокой), но не тяжести последствий (относительно низкой). Уже этот начальный тезис вызывает вопросы относительно причин такой специфики, ответы на них может дать сравнительный анализ оценки рисков на различных элементах улично-дорожной сети (УДС) города. И такая аналитическая работа вполне возможна благодаря результатам профессиональной деятельности сотрудников Научного Центра ГИБДД МВД РФ [3]. Начиная с 2015 г. НЦ ГИБДД МВД РФ ведет работу по пространственной

¹ Данные взяты с официального сайта ГИБДД МВД РФ. Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 15.05.2024).

² Данные взяты с официального сайта РОССТАТ. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 15.05.2024).

оцифровке мест локализации ДТП. Анализ этой информации позволяет выявить тенденции изменения общей структуры рисков дорожно-транспортной аварийности и понять причины ее динамики.

В рамках данной статьи представлены результаты сравнительного исследования структуры рисков дорожно-транспортной аварийности в г. Тюмени в 2015 и 2022 гг. и выявлена ее пространственная специфика.

Город Тюмень является одним из федеральных лидеров по динамике численности населения и объемам ввода в эксплуатацию жилого фонда. Следствием этого являются постоянный рост автопарка региона и высокие требования к дорожно-транспортной инфраструктуре города.

Как отмечено в Программе комплексного развития транспортной инфраструктуры г. Тюмени на период 2018–2040 гг.³, протяженность дорог в границах города Тюмени составляет 1326.8 км (федерального значения – 3.7 км, регионального и межмуниципального значения – 117.7 км, местного значения – 1205.4 км). Пространственная загрузка элементов УДС города весьма неоднородна. Согласно исследованиям специалистов Тюменского индустриального университета, лишь около 15 % сети УДС города обеспечивает движение до 85 % городского транспортного потока. И даже среди этих участков с наиболее интенсивным движением есть свои лидеры – магистральные улицы и дороги 1, 2, 3 классов (согласно классификации СП 42.13330.2016⁴).

Целью данного исследования являлось выявление изменений структурных особенностей риска дорожно-транспортной аварийности на отдельных тюменских магистральных улицах и дорогах 2 класса в течение 2015...2022 гг. и попытка объяснения причин этих изменений.

Необходимо указать и мотивацию проведения такого исследования. Осенью 2016 г. в Тюмени была проведена так называемая светофорная реформа, главной целью которой было повышение БДД⁵. Однако, несмотря на тотальное разделение во времени движения транспортных потоков и пешеходов, которое теоретически должно было благотворно повлиять на безопасность тюменцев, практика показала, что этого не случилось [5].

2. Материалы и методы

Теоретический обзор

Риск дорожно-транспортной аварийности – достаточно абстрактное понятие. Конкретизируем его. Необходимо различать риск участия в ДТП, совокупность последствий ДТП и риск гибели в ДТП как комплексную (составную) характеристику [6].

Риск (или вероятность) участия в абстрактном ДТП в течение года $P_{ДТП год}$ для отдельного жителя города определяется как (1):

$$P_{ДТП год} = N_{ДТП год} / H_{гор.} \quad (1)$$

где $N_{ДТП год}$ – годовое число ДТП в городе, ед.;

$H_{гор.}$ – население города, чел.

³ Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры г. Тюмени на период 2018–2040 гг. Режим доступа: https://tyumendoc.ru/files/informer/file/2018/04/943_4.pdf (дата обращения: 18.05.2024).

⁴ СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений = Urban development. Urban and rural planning and development. Дата введения: 01.07.2017. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054209?ysclid=m1rn8bmh84735480251> (дата обращения: 18.05.2024).

⁵ Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 гг. Распоряжение Правительства РФ от 8.01.2018 г. № 1-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/g6BXGgDI4fCEiD4xDdJUwIxdPATBC12.pdf> (дата обращения: 19.05.2024).

Совокупность последствий ДТП $Cons_{ДТП\ год}$ рассчитывается как (2):

$$Cons_{ДТП\ год} = Sc_{ДТП} \cdot Sv_{ДТП} \quad (2)$$

где $Sc_{ДТП}$ – масштабность ДТП, число пострадавших / 1 ДТП, чел./ДТП;

$Sv_{ДТП}$ – тяжесть ДТП, доля погибших среди пострадавших в ДТП.

Масштабность ДТП $Sc_{ДТП}$ и тяжесть ДТП $Sv_{ДТП}$ определяются по (3) и (4):

$$Sc_{ДТП} = N_{жертв} / N_{ДТП} \quad (3)$$

где $N_{жертв}$ – число пострадавших в ДТП (сумма погибших и травмированных), чел.;

$N_{ДТП}$ – число ДТП;

$$Sv_{ДТП} = N_{погибших} / N_{жертв} \quad (4)$$

где $N_{погибших}$ – число погибших в ДТП, чел.

Риск гибели в ДТП в течение конкретного года $Risk_{гибели\ в\ ДТП\ год}$ как комплексная (составная) характеристика определяется по формуле (5):

$$Risk_{гибели\ в\ ДТП\ год} = P_{ДТП\ год} \cdot Cons_{ДТП\ год}$$

Однако этот подход в оценке рисков дорожно-транспортной аварийности хорошо работает в случае аналитики больших данных, характерных для крупных по размеру систем (регион, город) за относительно продолжительный период времени (год) [7]. В нашем же случае, когда ставится сравнительная задача оценки динамики во времени структуры рисков дорожно-транспортной аварийности на отдельных участках УДС (например, конкретных улицах или автодорогах), подходы, определяемые формулами (1)–(5), не являются работоспособными.

В этом случае приходится проводить аналитическую работу по анализу каждого ДТП, произошедшего на конкретном участке УДС за определенный период времени. В частности, такая аналитическая работа проводилась в течение годовых отрезков времени (сравнение данных по 2015 и 2022 гг.) для трех конкретных магистральных улиц 2 класса, локально расположенных в различных районах города и имеющих несколько разные функциональные назначения.

Итак, для выявления изменений структурных особенностей риска дорожно-транспортной аварийности на отдельных магистральных улицах г. Тюмени 2 класса был выбран и использован метод ручного сбора данных из общедоступных информационных баз ГИБДД и последующей их детальной обработки [8, 9].

Методика сравнительного исследования изменения пространственной структуры рисков дорожно-транспортной аварийности

Для изучения изменений во времени структуры дорожно-транспортной аварийности в Тюмени были выбраны следующие магистральные улицы:

- улица Республики (по всей протяженности от моста Влюбленных (Республики, 1) до «Автограда» (ул. Республики, 264));
- составная улица, включающая участки ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой (от ул. Монтажников до ул. Бабарынка);
- часть кольцевой автодороги, включающая участок ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской (от ТЭЦ-2 до пересечения с Московским трактом).

Данный выбор обосновывался тем, что это параллельные улицы (автодороги), расположенные локально в различных частях (зонах) города (центральной, срединной и периферийной), однако выполняющие большой объем транспортной работы и единодушно признаваемые тюменцами в качестве важнейших транспортных артерий.

Локализация в различных зонах городской территории предположительно может влиять на формирование широкого диапазона режимов их функционирования (по составу и скорости потока, по интенсивности движения) и вероятность приоритетного использования их для движения разными категориями пользователей [10]. Следствием этого может быть различная структура рисков дорожно-транспортной аварийности.

3. Результаты и обсуждение

Оценка динамики общих рисков дорожно-транспортной аварийности в 2015 и 2022 гг.

В таблице 1 представлены результаты общего сравнительного анализа изменения величины рисков дорожно-транспортной аварийности в Тюмени в 2015 и 2022 гг.

Таблица 1 / Table 1

Общий сравнительный анализ изменения рисков дорожно-транспортной аварийности в Тюмени в 2015 и 2022 гг.

Comparative analysis of traffic accident risk trends in Tyumen between 2015 and 2022

Год	Население города, тыс. чел.	Число ДТП, ед.	Количество пострадавших в ДТП, чел.	Количество погибших, чел.	Социальный риск НР, погибших в ДТП / 100 тыс. чел.	Масштабность ДТП, пострадавших / ДТП	Тяжесть ДТП, % числа погибших от числа пострадавших	Риск участия (вероятность) ДТП	Совокупность последствий ДТП, погибших / ДТП
2015	697.0	1483	2014	41	5.88	1.358	2.03	0.0021	0.0276
2022	850.0	1532	2055	41	4.82	1.341	2.00	0.0018	0.0268
Риск гибели в ДТП в 2015 г. = 0.000058 = 5.8 · 10 ⁻⁵									
Риск гибели в ДТП в 2022 г. = 0.000048 = 4.8 · 10 ⁻⁵									

Отметим, что в течение 2015...2022 гг. риск гибели в ДТП в Тюмени снизился на 17.3 %. Этот положительный результат достигнут за счет одновременного снижения величин риска ДТП $P_{ДТП\ год}$ (т. е. вероятности участия в ДТП для отдельного жителя города) и совокупности последствий ДТП $Cons_{ДТП\ год}$.

Оценка количественного и качественного изменения рисков аварийности на ул. Республики в 2015 и 2022 гг.

В таблице 2 представлены структурные особенности риска дорожно-транспортной аварийности на ул. Республики – высокостатусной магистральной улице регулируемого движения, одной из центральных улиц города, где отмечается высокая плотность светофорных объектов, что обеспечивает частые остановки и среднюю по величине скорость сообщения транспортного потока, также затрудняет движение выделенная полоса для общественного транспорта.

Сравнение данных таблицы 2 показывает снижение годового числа ДТП на 19.1 % и снижение годового числа пострадавших в ДТП на 20.0 %. Фактов гибели людей в ДТП на ул. Республики не зафиксировано ни в 2015 г., ни в 2022 г.

Доля пострадавших в ДТП, локализованных на ул. Республики, в 2015 г. составила 5.5 % от общегородского уровня, при том что соответствующая доля ДТП составила 4.6 %. Аналогичные показатели в 2022 г. составили 4.3 и 3.6 % соответственно. Это свидетельствует о том, что локально в центре города БДД со временем повышается; одновременно фиксируется перенос аварийности из центра города на периферию. Масштабность ДТП при этом практически не изменилась (-1 %).

Анализ по гендерному признаку показал, что если в 2015 г. распределение пострадавших в ДТП было в соотношении 57/43 % в отношении мужчин/женщин, то в 2022 г. это соотношение значительно изменилось не в пользу женщин – 49/51 %. Вывод: по факту проведения светофорной рефор-

Таблица 2 / Table 2

Структурные особенности риска дорожно-транспортной аварийности на ул. Республики
Structural features of traffic accident risk on Respubliki street

Год	Численные значения показателей							
	Число ДТП, ед.	Количество пострадавших в ДТП, чел.	Количество погибших в ДТП, чел.	Масштабность ДТП, пострадавших ДТП	Пострадавшие в ДТП на перегоне УДС, чел.		Пострадавшие в ДТП на перекрестке УДС, чел.	
					мужчины	женщины	мужчины	женщины
2015	68 (4.6 %*)	110 (5.5 %)	0	1.618	63 (57 %)		47 (43 %)	
					32 (51 %)	31 (49 %)	27 (57 %)	20 (43 %)
2022	55 (3.6 %)	88 (4.3 %)	0	1.600	43 (49 %)		45 (51 %)	
					14 (33 %)	29 (67 %)	12 (27 %)	33 (73 %)

*Примечание: в процентах указана доля от общего числа по г. Тюмени

мы и установления «нового гомеостаза риска» снизилась доля пострадавших мужчин и увеличилась доля пострадавших женщин.

Анализ специфики элементов УДС [11] показал, что если в 2015 г. доли пострадавших (без учета пола пострадавших) на локациях «перегон», «перекресток» распределялись в отношении 59/51 чел. (53/47 %) соответственно, то в 2022 г. это соотношение составило 26/62 чел. (30/70 %). Вывод: по факту проведения светофорной реформы и установления нового гомеостаза риска увеличилась доля пострадавших в ДТП, приходящихся на локацию «перекресток». В 2022 г. по сравнению с 2015 г. доля пострадавших в ДТП на перекрестках выросла на 22 %. Скорее всего, это является следствием попыток проезда перекрестков на предупреждающий и запрещающий сигналы светофора по причине нежелания тратить значительное время в ожидании начала движения [12].

Диаграмма (рис. 1.) наглядно представляет результаты сравнения численных значений показателей рисков дорожно-транспортной аварийности, локализуемой на ул. Республики, в 2015 и 2022 гг.

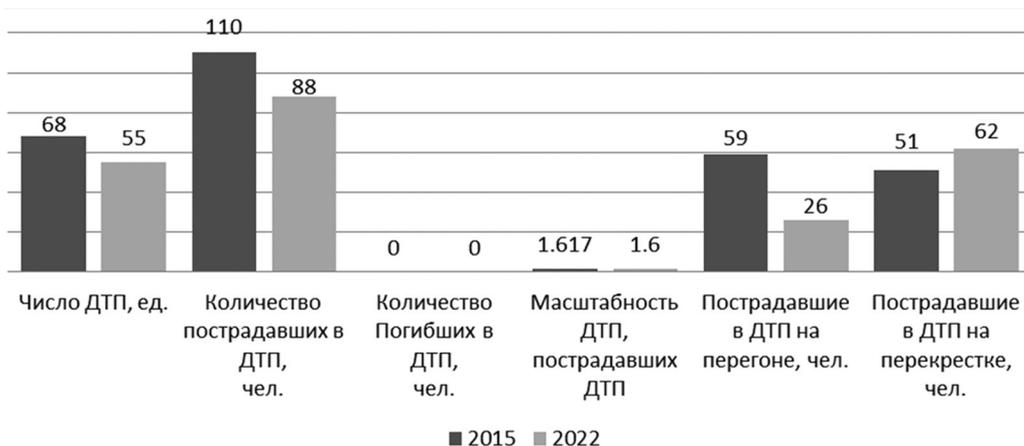


Рис. 1. Сравнение показателей дорожно-транспортной аварийности на ул. Республики
Fig. 1. Comparison of traffic accident rates on Respubliki street

Оценка количественного и качественного изменения рисков аварийности на составной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой в 2015 и 2022 гг.

В таблице 3 представлены структурные особенности риска дорожно-транспортной аварийности на составной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой (от ул. Монтажных до ул. Бабарынка) – магистральной транзитной улице регулируемого движения. Этот участок автодороги является параллельным улице Республики и расположен в срединной части города с относительно низкой плотностью светофорных объектов, редкими остановками движения и высокой скоростью сообщения транспортного потока.

Таблица 3 / Table 3

Структурные особенности риска дорожно-транспортной аварийности на составной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой
 Structural features of traffic accident risks on the composite street of 50 let VLKSM – Zapolnaya – Chernyshevskogo – Polevaya

Год	Численные значения показателей							
	Число ДТП, ед.	Количество пострадавших в ДТП, чел.	Количество погибших в ДТП, чел.	Масштабность ДТП, пострадавших ДТП	Пострадавшие в ДТП на перегоне УДС, чел.		Пострадавшие в ДТП на перекрестке УДС, чел.	
					мужчины	женщины	мужчины	женщины
2015	29 (2.0 %*)	47 (2.3 %)	0	1.621	27 (57 %)		20 (43 %)	
					10 (37 %)	17 (63 %)	3 (15 %)	17 (85 %)
2022	39 (2.6 %)	58 (2.8 %)	2	1.487	35 (60 %)		23 (40 %)	
					16 (46 %)	19 (54 %)	15 (65 %)	8 (35 %)

* Примечание: в процентах указана доля от общего числа по г. Тюмени

Сравнение данных таблицы 3 показывает увеличение годового числа ДТП на 34.5 % и увеличение годового числа пострадавших в ДТП на 23.4 %. В 2022 г. в ДТП на составной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой зафиксирована гибель 2 чел., в 2015 г. фактов гибели людей не зафиксировано.

Доля пострадавших в ДТП, локализованных на составной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой, составила в 2015 г. 2.3 % от общегородского уровня, при том что соответствующая доля ДТП составила 2.0 %. Аналогичные пропорции по данным 2022 г. составили 2.8 и 2.6 % соответственно. Это свидетельствует о том, что на магистральной транзитной улице уровень БДД со временем снижается; именно на подобные транзитные улицы в срединных и периферийных районах Тюмени фиксируется перенос аварийности. Масштабность ДТП в 2022 г. по сравнению с 2015 г. несколько снизилась (–8.2 %).

Результаты анализа по гендерному признаку: в 2015 г. распределение пострадавших в ДТП было в соотношении 57/43 % в отношении мужчин/женщин, в 2022 г. соотношение изменилось незначительно – 60/40 %. Вывод: светофорная реформа 2016 г. практически не сказалась на изменении структуры пострадавших в ДТП на составной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой.

Анализ специфики элементов УДС показал, что если в 2015 г. доли пострадавших (без учета пола пострадавших) распределялись в отношении 13/34 чел. (28/72 %) на локациях «перегон», «перекресток», то в 2022 г. это соотношение составило 31/27 чел. (53/47 %). Вывод: светофорная реформа оказала значительное влияние на изменение перераспределения пострадавших относительно раз-

личных элементов УДС. В 2022 г. более чем в 2 раза выросла доля пострадавших в ДТП на перегонах. Скорее всего, это является следствием фактического повышения скорости движения транспортных средств на значительных по длине перегонах между светофорными объектами.

Диаграмма (рис. 2) наглядно представляет результаты сравнения численных значений показателей рисков дорожно-транспортной аварийности, локализуемой на составной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой.

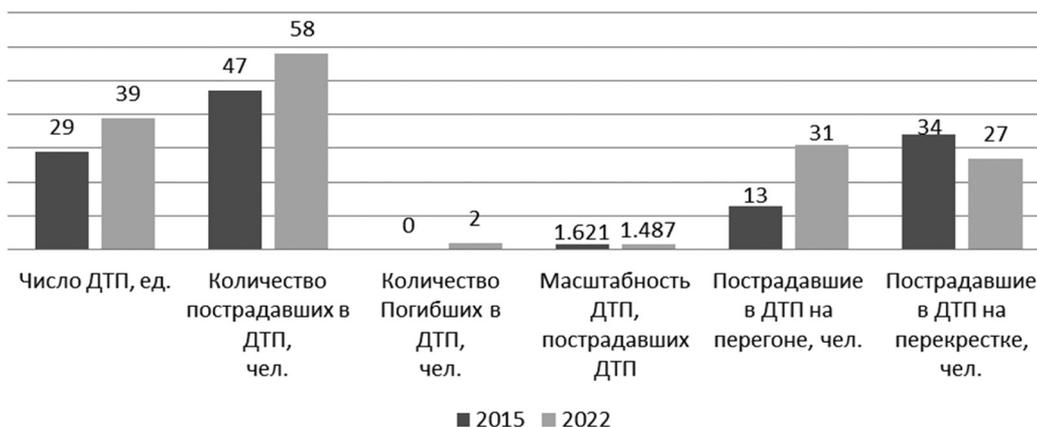


Рис. 2. Сравнение показателей дорожно-транспортной аварийности на составной магистральной ул. 50 лет ВЛКСМ – Запольной – Чернышевского – Полевой

Fig. 2. Comparison of traffic accident rates on the composite street of 50 let VLKSM – Zapolnaya – Chernyshevskogo – Polevaya

Оценка количественного и качественного изменения рисков аварийности на составной ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской в 2015 и 2022 гг.

В таблице 4 представлены структурные особенности риска дорожно-транспортной аварийности на составной ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской (от ТЭЦ-2 до пересечения с Московским трактом) – магистральной транзитной улице скоростного движения. Этот участок автодороги является параллельным ул. Республики и расположен в периферийной части города с отсутствием светофорных объектов и очень высокой скоростью сообщения транспортного потока.

Таблица 4 / Table 4

Структурные особенности риска дорожно-транспортной аварийности на составной ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской

Structural features of traffic accident risks on the composite Fedyuninskogo – Bypass road – Zakaluzhskaya street

Год	Численные значения показателей							
	Число ДТП, ед.	Количество пострадавших в ДТП, чел.	Количество погибших в ДТП, чел.	Масштабность ДТП, пострадавших ДТП	Пострадавшие в ДТП на перегоне УДС, чел.		Пострадавшие в ДТП на перекрестке УДС, чел.	
					мужчины	женщины	мужчины	женщины
2015	17 (1.1 %*)	30 (1.5 %)	0	1.756	15 (50 %)		15 (50 %)	
					10 (66 %)	5 (34 %)	10 (66 %)	5 (34 %)
2022	54 (3.5 %)	71 (3.5 %)	2	1.333	37 (52 %)		34 (48 %)	
					24 (65 %)	13 (35 %)	24 (65 %)	13 (35 %)

* Примечание: в процентах указана доля от общего числа по г. Тюмени

Сравнение данных таблицы 4 показывает увеличение годового числа ДТП на 217.6 % (т. е. более чем в 3 раза) и увеличение годового числа пострадавших в ДТП на 136.7 % (т. е. более чем в 2 раза). В 2022 г. в ДТП на данном участке зафиксирована гибель 2 чел., в 2015 г. фактов гибели людей не зафиксировано.

Доля пострадавших в ДТП, локализованных на составной ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской, составила в 2015 г. 1.5 % от общегородского уровня, соответствующая доля ДТП составила 1.1 %. Пропорции по данным 2022 г. составили 3.5 и 3.5 % соответственно. Это свидетельствует о том, что на магистральной транзитной улице с высокоскоростным сообщением уровень БДД со временем снижается; именно разрешенная высокая скорость до 90 км/ч (а по факту многочисленные нарушения требований к скоростному режиму) вероятнее всего являются причиной увеличения числа ДТП и количества пострадавших в ДТП с тяжелыми последствиями для здоровья. Масштабность ДТП в 2022 г. по сравнению с 2015 г. снизилась (–31.73 %).

Гендерный анализ показал, что в 2015 г. распределение пострадавших в ДТП было в соотношении 50/50 % в отношении мужчин/женщин, в 2022 г. это соотношение изменилось незначительно – 52/48 %. Вывод: светофорная реформа практически не сказалась на изменении структуры пострадавших в ДТП. Предопределено это тем, что составная ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужская является частью Окружной дороги и не предполагает наличия светофорных объектов и пешеходных переходов.

Анализ специфики элементов УДС показал, что если в 2015 г. доли пострадавших (без учета пола пострадавших) распределялись в отношении 20/10 чел. (67/33 %) на локациях «перегон» и «перекресток» соответственно, то в 2022 г. это соотношение составило 46/25 чел. (65/35 %). Структурные соотношения практически не изменились, однако общий рост аварийности – катастрофический.

Итак, главная проблема организации дорожного движения на составной ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской – резкое снижение уровня БДД, связанное с повышением скорости движения потока относительно сравнительно безопасного режима. Построенные и введенные в эксплуатацию в 2015...2020 гг. двухуровневые транспортные развязки ул. Федюнинского с ул. Монтажных, ул. Пермькова, ул. Червишевский тракт не только создают возможности для повышения скорости потока, но и становятся причиной нарушения установленного скоростного режима.

Диаграмма (рис. 3) наглядно представляет результаты сравнения численных значений показателей рисков дорожно-транспортной аварийности, локализуемой на составной ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской.

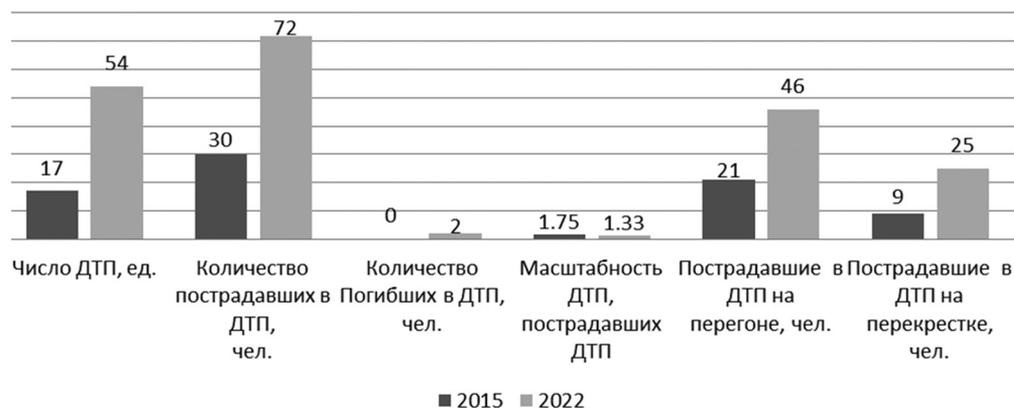


Рис. 3. Сравнение показателей дорожно-транспортной аварийности на составной магистральной ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской
 Fig. 3. Comparison of traffic accident rates on the composite on the composite Fedyuninskogo – Bypass road – Zakaluzhskaya street

4. Заключение

Подводя итоги исследования, хочется отметить, что в целом дорожно-транспортная аварийность в Тюмени весьма специфична и находится на достаточно высоком, в сравнении с другими российскими городами, уровне. Для транспортной системы г. Тюмени характерны относительно высокие риски участия в ДТП, при том что риски гибели в ДТП находятся на низком уровне. Объяснение этой специфичности, на наш взгляд, следует искать в анализе качества парка транспортных средств горожан и специфике организации системы регулирования движения транспортных потоков.

Сравнительный анализ статистики дорожной аварийности в 2015 и 2022 гг. позволяет констатировать следующее:

- риск гибели в ДТП в Тюмени в течение 2015...2022 гг. снизился на 17 %;
- этот положительный результат достигнут за счет одновременного снижения величин риска ДТП $P_{ДТП\ год}$ (т. е. вероятности участия в ДТП для отдельного жителя города) и совокупности последствий ДТП $Cons_{ДТП\ год}$.

Важнейшим результатом исследования стали выводы об изменении пространственной структуры аварийности. Для центральной магистральной улицы города – ул. Республики – можно констатировать достижение относительных успехов в сфере повышения БДД (снижение общей аварийности на 20 %). Для магистральных улиц в срединной и периферийной частях города, к сожалению, ситуация в сфере аварийности серьезно ухудшилась. Для ул. Федюнинского – Обход города Тюмени – Закалужской – магистральной транзитной улицы скоростного движения с отсутствием светофорных объектов и очень высокой скоростью сообщения транспортного потока – динамика аварийности за последние 8 лет просто катастрофична. Здесь зафиксирован 2-3-кратный рост различных показателей дорожной аварийности в течение 2015...2022 гг.

Очевидно, что светофорная реформа 2016 г. и трансформация дорожно-транспортной инфраструктуры коснулись транспортной системы города целиком, но результаты ее на разных участках городской УДС очень разные.

В центре города (ул. Республики) аварийность в целом снизилась, но изменились количественные и качественные соотношения между аварийностью на перекрестках и перегонах. Попытка разведения потоков во времени и, как следствие, увеличение числа светофорных фаз в цикле способствовало увеличению продолжительности цикла (порой до 180–240 сек.). Очевидно, что длительная задержка начала движения серьезно сказывается в целом на поведении водителей и пешеходов. Все чаще водители превышают скорость, создавая аварийные ситуации, а пешеходы переходят дорогу на запрещающий сигнал светофора. Этот вывод можно сделать на основе данных о том, что в 2022 г. на 22 % по сравнению с 2015 г. выросла доля пострадавших в ДТП на перекрестках ул. Республики. Этот факт плохо соотносится с задумкой о пользе разделения конфликтных потоков и, очевидно, является следствием попыток проезда водителями перекрестка в светофорных режимах «мигающий предупреждающий сигнал» и «начальная фаза запрещающего сигнала».

В заключение отметим, что подобные исследования структуры рисков на различных элементах городской УДС чрезвычайно важны для понимания того, как связаны между собой конкретные управленческие решения и последствия их практической реализации. Тюменский пример является хорошей иллюстрацией этого тезиса.



Вклад авторов. Петров А. И. – постановка цели и задач исследования, обзор литературных источников, разработка методики проведения исследования, анализ и обсуждение результатов, формулировка выводов; Лихайрова Е. В. – обзор литературных источников, сбор данных, проведение вычислительных работ, анализ и обсуждение результатов, формулировка выводов.

Author contributions. Artur I. Petrov: defined the research goals and objectives, conducted a literature review, developed the research methodology, analyzed the results, and formulated the conclusions;

Evgeniia V. Likhajrova: conducted a literature review, collected data, performed computational work, analyzed the results, and formulated the conclusions.

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что у них нет конкурирующих финансовых интересов или личных связей, которые могли бы повлиять на проведение исследований и результаты данной статьи.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflicts of interest, financial or personal, that could have affected the research and results presented in this article.

Список литературы

1. Aven T. The risk concept – historical and recent development trends. *Reliability Engineering & System Safety*. 2012;99(3):33–44. <https://doi.org/10.1016/j.res.2011.11.006>
2. Aven T., Renn O., Rosa E. A. The ontological status of the concept of risk. *Safety Science*. 2011;49(8):1074–1079. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.04.015>
3. Баканов К. С., Ляхов П. В., Айсанов А. С., Исаев М. М., Никулин Е. Д., Коблов П. С., Сергунова А. С., Селедников Н. В., Наумов С. Б., Князев А. С. *Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2022 год. Информационно-аналитический обзор*. Москва: ФКУ «НЦ БДД МВД России»; 2023. 150 с. Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/media/dorozhno-transportnaya-avarijnost-v-rf-2022.eo8crzl41hjn..pdf?ysclid=m1ubh3dz7z362990704>.
4. Петров А. И. Дорожно-транспортная аварийность в Тюмени: тренды XXI века. *Архитектура, строительство, транспорт*. 2021;(2):64–75. <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2021-2-64-75>
5. Петров А. И., Лихайрова Е. В. Специфика риска дорожно-транспортной аварийности в городах Российской Федерации (2022). *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. 2024;(6):3–10. <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2024-06-1>
6. Petrov A. I., Likhajrova E. V. Sustainable improvement of road safety in Russian cities: General trends and the dialectical contradictions in the structure of risks of fatalities in road traffic accidents. *Journal of Sustainability Research*. 2024;6(3):e240042. <https://doi.org/10.20900/jsr20240042>
7. Лихайрова Е. В., Петров А. И. Комплексная ранговая оценка безопасности дорожного движения в г. Тюмени в сравнении с крупнейшими городами Урало-Сибирской зоны. *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе*. 2023;1:142–146. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_60034424_29968697.pdf.
8. Петров А. И., Лихайрова Е. В. Анализ особенностей локализации и распределения во времени частоты аварийных столкновений транспортных средств в крупном российском городе. *Мир транспорта и технологических машин*. 2024;(1-1):30–38.
9. Петров А. И. К вопросу о простейшей классификации специфических особенностей дорожно-транспортной аварийности в крупнейших городах Российской Федерации (2021). *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. 2022;(12):43–48. <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2022-12-7>
10. Новиков А. Н., Кущенко Л. Е., Кущенко С. В., Новиков И. А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города. *Вестник гражданских инженеров*. 2021;(2):222–231. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231>
11. Новиков А. Н., Кулев М. В., Кулев А. В. Разработка мероприятий по снижению дорожно-транспортной аварийности по вине водителей в состоянии алкогольного опьянения. *Мир транспорта и технологических машин*. 2016;(4):97–104. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_27487197_45904366.pdf.
12. Кравченко П. А. Организация и безопасность дорожного движения в больших городах. *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2013;(1):1–2.

References

1. Aven, T. The risk concept – historical and recent development trends. *Reliability Engineering & System Safety*. 2012;99(3):33–44. <https://doi.org/10.1016/j.res.2011.11.006>
2. Aven T., Renn O., Rosa E. A. The ontological status of the concept of risk. *Safety Science*. 2011;49(8):1074–1079. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.04.015>
3. Bakanov K. S., Lyahov P. V., Aisanov A. S., Isaev M. M., Nikulin E. D., Koblov P. S., Sergunova A. S., Selednikov N. V., Naumov S. B., Knyazev A. S. *Road traffic accidents in the Russian Federation in 2022: An information and analytical review*. Moscow: Scientific center for road safety of the Ministry of internal affairs of Russia, 2023. (In Russ.)

- Available at: <https://journal.tinkoff.ru/media/dorozhno-transportnaya-avarijnost-v-rf-2022.eo8crzl41hjn..pdf?ysclid=m1ubh3dz7z362990704>.
4. Petrov A. I. Road traffic accidents rate in Tyumen: 21th century trends. *Architecture, construction, transport*. 2021;(2):64–75. (In Russ.) <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2021-2-64-75>
 5. Petrov A. I., Likhayrova E. V. Specific risk of road traffic accidents in the cities of the Russian Federation (2022). *Transport: Science, Equipment, Management. Scientific information collection*. 2024;(6):3–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2024-06-1>
 6. Petrov A. I., Likhajrova E. V. Sustainable improvement of road safety in Russian cities: General trends and the dialectical contradictions in the structure of risks of fatalities in road traffic accidents. *Journal of Sustainability Research*. 2024;6(3):e240042. <https://doi.org/10.20900/jsr20240042>
 7. Petrov A. I., Likhayrova, E. V. (2023). Comprehensive ranking assessment of road safety in Tyumen in comparison with the largest cities of the Ural-Siberian zone. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse*. 2023;1:142–146. (In Russ.) Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_60034424_29968697.pdf.
 8. Petrov A. I., Likhayrova E. V. Analysis of localization and distribution features in time of the frequency of emergency collisions of vehicles in a large Russian city. *World of transport and technological machines*. 2024;(1-1):30–38. (In Russ.)
 9. Petrov A. I. On the issue of the simplest classification of specific features of road traffic accident rate in the largest cities of the Russian Federation (2021). *Transport: Science, Equipment, Management. Scientific information collection*. 2022;(12):43–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.36535/0236-1914-2022-12-7>
 10. Novikov A. N., Kushchenko L. E., Kushchenko S. V., Novikov I. A. Analysis of existing methods for assessing the probability of accidents on the city's road network sections. *Bulletin of Civil Engineers*. 2021;(2):222–231. (In Russ.) <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231>
 11. Novikov A. N., Kulev M. V., Kulev A. V. Development of measures to reduce road traffic accident caused by drivers intoxicated. *World of Transport and Technological Machines*. 2016;(4):97–104. (In Russ.) Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_27487197_45904366.pdf.
 12. Kravchenko, P.A. Organization and safety of road traffic in big cities. *Science and Engineering for Highways*. 2013;(1):1–2. (In Russ.)



Информация об авторах

Лихайрова Евгения Владимировна, аспирант кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Российская Федерация, lihajrovaev@tyuiu.ru

Петров Артур Игоревич, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Российская Федерация, ArtlgPetrov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2634-0567>

Information about the authors

Evgeniia V. Likhajrova, Postgraduate in the Department of Automotive Transport Operation, Industrial University of Tyumen, Russian Federation, lihajrovaev@tyuiu.ru

Artur I. Petrov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor in the Department of Automotive Transport Operation, Industrial University of Tyumen, Russian Federation, ArtlgPetrov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2634-0567>

Получена 30 июля 2024 г., одобрена 15 сентября 2024 г., принята к публикации 23 сентября 2024 г.
Received 30 July 2024, Approved 15 September 2024, Accepted for publication 23 September 2024