

**Результаты.** Представлены возможности практических инструментов при формировании и развитии транспортной инфраструктуры. Разработаны сценарии решения проблемы с безопасностью дорожного движения на одном из пересечений улично-дорожной сети г. Казани.

**Область применения результатов.** При оптимизации перекрестков, при оценке рисков ухудшения ситуации при неверном проектировании или при оценке эффективности использовать методы компьютерного моделирования.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование; имитационное моделирование; дорожно-транспортные происшествия; место концентрации ДТП; аварийно-опасные участки; оптимизация организации дорожного движения

**Для цитирования.** Загидуллин, Р. Р., & Банников, И. А. (2025). Применение имитационного компьютерного моделирования для повышения безопасности дорожного движения на пересечении улиц Волгоградская и Короленко г. Казани Республики Татарстан. *International Journal of Advanced Studies*, 15(2), 26–46. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-2-361>

Original article | Operation of Road Transport

## THE USE OF COMPUTER SIMULATION TO IMPROVE ROAD SAFETY AT THE INTERSECTION OF VOLGOGRADSKAYA AND KOROLENKO STREETS IN KAZAN, REPUBLIC OF TATARSTAN

*R.R. Zagidullin, I.A. Bannikov*

### *Abstract*

A traffic accident is a phenomenon that has already become an integral part of human life, and although it is often taken for granted, accidents have serious consequences for people, resulting in physical injury,

emotional stress, financial loss, and death. In addition, accidents can cause traffic jams, which leads to delays, creating inconveniences for movement.

Therefore, the fight against road accidents is an important task around the world. This requires effective measures to prevent and reduce the risk of accidents. First of all, proper planning of the road network contributes to safety, and in order to assess them, it is necessary to substantiate the effectiveness of the proposed measures. One of the methods of substantiating the possibilities of optimizing intersections is computer simulation, which allows not only analyzing, but also predicting the behavior of transport processes.

The **purpose** of the study is to develop practical tools for improving road safety.

**Methodology.** Theoretical and practical research methods were used: system analysis, information synthesis, observations, measurements, experiments and comparisons.

**Results.** The possibilities of practical tools in the formation and development of transport infrastructure are presented. Scenarios for solving the problem of road safety at one of the intersections of the Kazan city road network have been developed.

**Practical implications.** When optimizing intersections, when assessing the risks of deterioration in case of incorrect design, or when evaluating effectiveness, use computer modeling methods.

**Keywords:** computer modeling; simulation modeling; traffic accidents; place of concentration of accidents; accident-prone areas; optimization of traffic management

**For citation.** Zagidullin, R. R., & Bannikov, I. A. (2025). The use of computer simulation to improve road safety at the intersection of Volgogradskaya and Korolenko Streets in Kazan, Republic of Tatarstan. *International Journal of Advanced Studies*, 15(2), 26–46. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-2-361>

## Введение

ДТП остаются одной из ключевых социально-экономических проблем в России. По данным Государственной инспекции безо-

пасности дорожного движения Российской Федерации (ГИБДД РФ), в 2024 году зафиксировано более 132 тыс. аварий, в которых погибли около 14,4 тыс. человек [1].

Особую опасность представляют места концентрации ДТП (аварийно-опасные участки), где риски многократно превышают средние показатели. Традиционные методы анализа, такие как статистический учет и экспертные оценки, обладают ограниченной точностью, что актуализирует внедрение компьютерного моделирования для прогнозирования и оптимизации дорожной инфраструктуры [2].

Подход к анализу ДТП должен быть систематический, во множестве ДТП одного вида должна проявляться некая закономерность, которую нужно вычислить и принять меры по ее ликвидации [3-6].

Поэтому в данной статье исследуется применение компьютерного моделирования для ликвидации аварийно-опасных зон, а также оценивается влияние различных сценариев модификации дорожной сети на безопасность движения.

### **Анализ дорожно-транспортных происшествий**

Согласно федеральному закону от 10.12.1995 N 196-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О безопасности дорожного движения» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) аварийно-опасный участок дороги (место концентрации дорожно-транспортных происшествий) - участок дороги, улицы, не превышающий 1000 метров вне населенного пункта или 200 метров в населенном пункте, либо пересечение дорог, улиц, где в течение отчетного года произошло три и более дорожно-транспортных происшествия одного вида или пять и более дорожно-транспортных происшествий независимо от их вида, в результате которых погибли или были ранены люди [7].

На выбранном пересечении улиц Волгоградская и Короленко произошло 3 ДТП с пострадавшими, что делает его аварийно-опасным участком дороги. По виду ДТП это были столкновения, произошедшие в разное время года и в разное время суток [8].

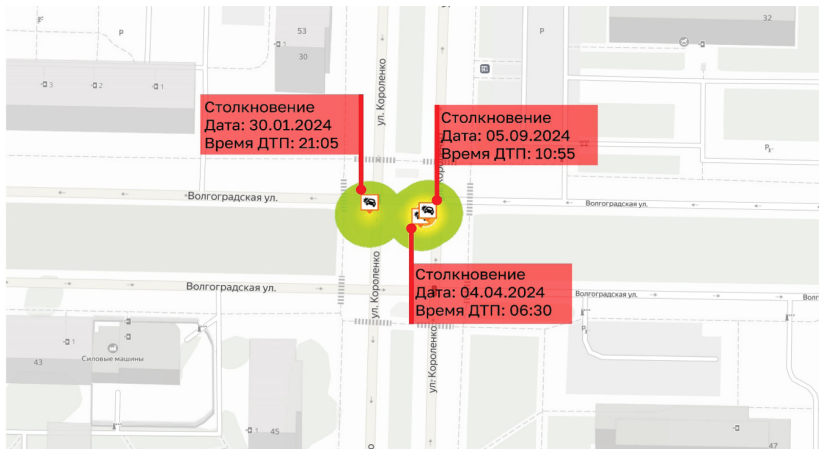


Рис. 1. Схема пересечения улиц Волгоградская и Короленко, на которой отмечены места ДТП

### Анализ существующей организации дорожного движения на перекрестке

Для оптимизации движения транспортных средств на пересечениях дорог во многих городах разработаны и внедрены системы управления движением, в основе которых лежит автоматическое регулирование транспортного процесса с помощью светофоров [9-10].

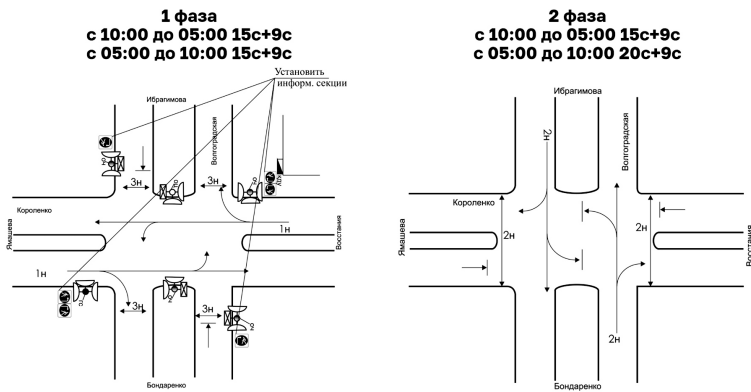


Рис. 2. Схема светофорных фаз на пересечении улиц Волгоградская и Короленко

Муниципальным казенным учреждением «Автоматизированная система управления дорожным движением» города Казани» (МКУ «АСУДД») были представлены данные по режимам светофорного регулирования для светофорного объекта, находящегося в границах моделируемой территории.

Схема с указанием режима светофорного регулирования рассматриваемого перекрестка приведена на рисунке 2.

### Анализ натуральных обследований транспортных потоков на пересечении

Для выполнения данного этапа работ на перекрестке был произведено натурное обследование – видеofиксацию транспортных потоков в течении часа. Обследование совершалось в утренний час «пик» (с 7:30 до 8:30) и вечерний час «пик» (с 17:00 до 18:00).

#### Утренний час «пик»

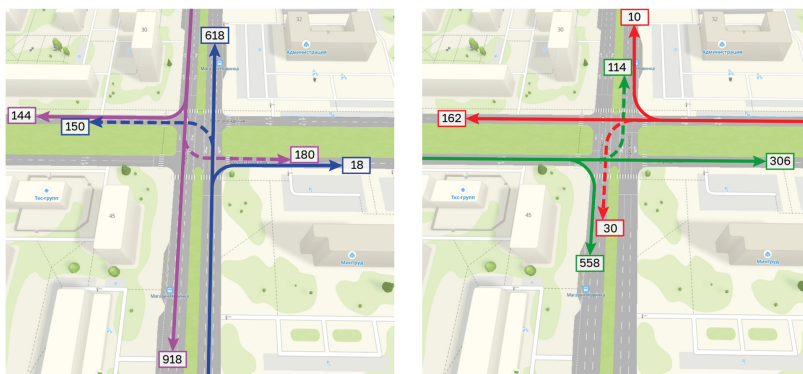
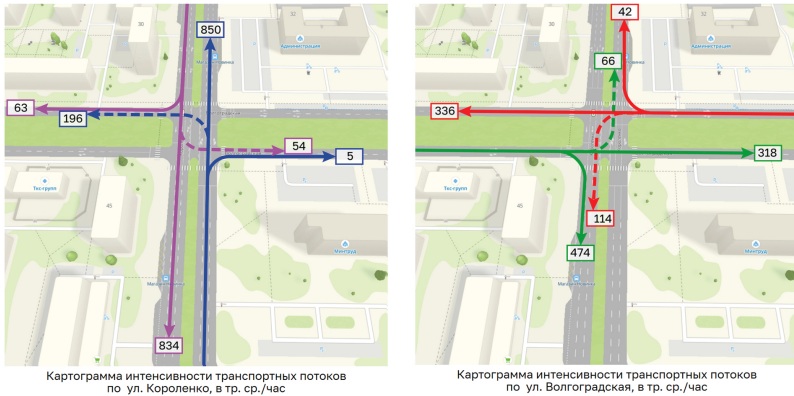


Рис. 3. Схема интенсивности автомобильных потоков на пересечении улиц Волгоградская и Короленко в утренний час «пик»

При проведении натурального обследования места фиксации транспортных средств выбирались с учетом возможности установки и калибровки оборудования и передвижной лаборатории, уровня освещенности, а также соответствия требованиям Правил дорожного движения и другой нормативной документации [11-14].

**Вечерний час «пик»**

**Рис. 4.** Схема интенсивности автомобильных потоков на пересечении улиц Волгоградская и Короленко в вечерний час «пик»

На следующем этапе осуществлялась расшифровка видео – замеры интенсивностей движения транспортных потоков для каждого из возможных на перекрестке направлений.

На рисунке 3 и рисунке 4 приведены полученные значения интенсивности автомобильных потоков в утренний и вечерние часы «пик» (соответственно), измеряемых в количестве автотранспортных средств.

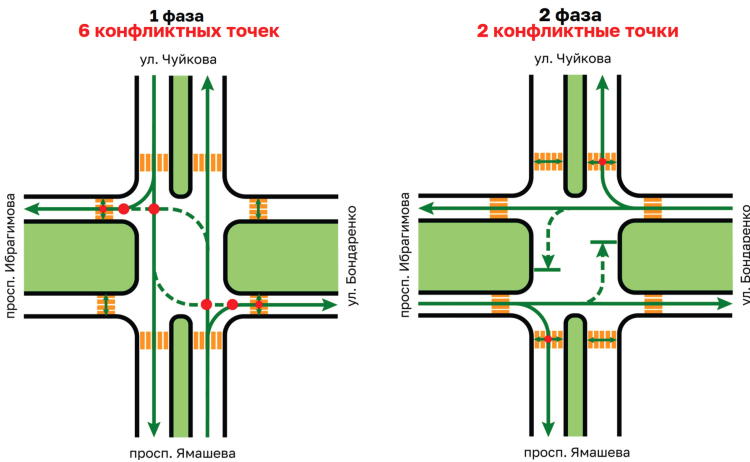
### **Выявление конфликтных точек в организации дорожного движения на пересечении**

В Правилах дорожного движения установлены нормативные требования, определяющие очередность проезда мест возможного конфликта транспортных средств между собой и с пешеходами. Правила обязывают при повороте налево уступить дорогу транспортным средствам, движущимся со встречного направления прямо, и тем самым обеспечивается рассредоточение во времени при проезде конфликтной точки. Существует также общее правило, требующее от водителей транспортных средств, поворачивающих на перекрестке направо или налево, уступать дорогу пешеходам,

которые переходят проезжую часть той дороги, в сторону которой совершается поворот [15-16].

Показателем наличия конфликтной ситуации является изменение скорости или траектории движения автомобиля. Степень опасности этой ситуации характеризуется отрицательными продольными и поперечными ускорениями, возникающими при маневрах автомобилей [17-18].

В рамках анализа движения транспортных потоков на перекрестке было выявлено 2 конфликтных направления: 1 – левый поворот с ул. Короленко на ул. Волгоградская, в сторону просп. Ибрагимова, и 2 – левый поворот с ул. Короленко на ул. Волгоградская, в сторону ул. Бондаренко.



**Рис. 5.** Схема организации дорожного движения на пересечении улиц Волгоградская и Короленко с обозначенными конфликтными точками

Данные направления конфликтуют со встречным транспортным потоком, который движется в 3 полосы, а также с движением пешеходов, которые двигаются в той же светофорной фазе. Проблема заключается в том, что участники движения, выполняющие маневр, не корректно определяют дистанцию до встречно движущихся автомобилей, но еще опаснее, когда участники движения,

выполняющие маневр, не обратили внимание на впереди идущих пешеходов, в следствии чего останавливаются на полосах движения прямого обратного направления движения.

На рисунке 5 представлена схема организации дорожного движения на перекрестке с обозначенными конфликтными точками.

### **Применение компьютерного имитационного моделирования**

В соответствии существующей организацией дорожного движения был построен граф улично-дорожной сети, которая отражает количество полос движения, дорожную инфраструктуру и технические средства организации дорожного движения.

В соответствии с данными, полученными от АСУДД, был запрограммирован светофор на узле в границах моделируемой территории, в соответствии с рисунком 2.

В соответствии со схемой организации движения, приведенной на рисунке 5, были смоделированы направления всех возможных движений автотранспортных средств в границах моделируемой территории, а также рассчитаны доли транспортного потока, «расщепляемые» по этим направлениям.

Входные потоки по створам также задавались в соответствии с данными, полученными на основании натурных обследований и замеров интенсивности транспортных потоков, приведенных на рисунке 3 и рисунке 4.

При компьютерном моделировании модель каждого автомобиля задается индивидуально, описывается взаимодействие автомобилей друг с другом и с дорожной сетью. Характер поведения автомобиля описывается с помощью правил, которые определяют, когда автомобиль ускоряется, замедляет скорость, а также когда перестраивается в другой ряд [19-21].

В результате выполненных всех условий получена имитационная транспортная модель, отражающая существующую ситуацию на пересечении улиц Волгоградская и Короленко.



На рисунке 6 представлена интенсивность движения и время задержки транспортного потока по сегментам улично-дорожной сети модели в утренний час «пик», отражающей существующую ситуацию.

На рисунке 7 представлена интенсивность движения и время задержки транспортного потока по сегментам улично-дорожной сети модели в вечерний час «пик», отражающей существующую ситуацию.



**Рис. 6.** Картограмма интенсивности движения улично-дорожной сети модели в утренний час «пик» на пересечении улиц Волгоградская и Короленько

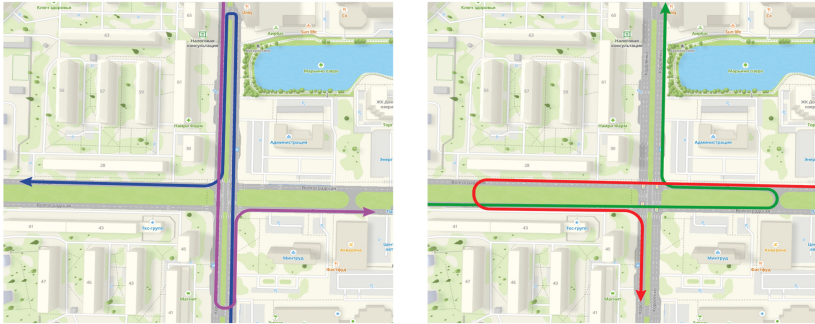


**Рис. 7.** Картограмма интенсивности движения улично-дорожной сети модели в вечерний час «пик» на пересечении улиц Волгоградская и Короленько

Мероприятия, способствующие ликвидации конфликтных точек на пересечении

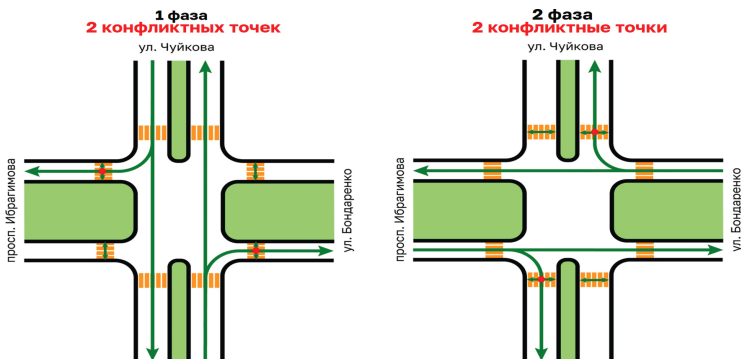
Для ликвидации выявленных конфликтных точек предложено отказаться от всех левых поворотов. Для реализации левых пово-

ротов предусматривается использование разворотных петель по всем 4-м направлениям, по улицам Волгоградская и Короленко. Для этого необходимо строительство разворотной петли по ул. Волгоградская, со стороны ул. Ибрагимова, остальные 3 разворотных петли уже имеются, две по ул. Короленко и одна по ул. Волгоградская, со стороны ул. Бондаренко. Изменения реализации левых поворотов представлена на рисунке 8.



**Рис. 8.** Схемы реализации левых поворотов по улицам Волгоградская и Короленко

Новая организация движения на пересечении представлена на рисунке 9. Светофорные фазы остались без изменений, из фаз исключились левые повороты.

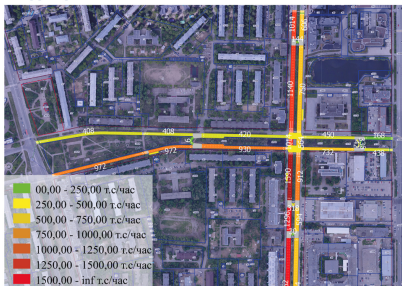


**Рис. 9.** Предложенная схема организации дорожного движения на пересечении улиц Волгоградская и Короленко с обозначенными конфликтными точками

## Моделирование предложенных мероприятий, способствующие ликвидации конфликтных точек на пересечении

Имитационная модель может трактоваться как компьютерная лаборатория, с помощью которой можно проводить эксперименты и выносить суждения, справедливые по отношению к моделируемой системе. Изменения модели системы соответствует развитию самой системы, что позволяет, применяя технологии статистического анализа, на основании необходимых выборок значений переменных делать заключения о поведении системы [22-23].

Цифрограмма интенсивности потока

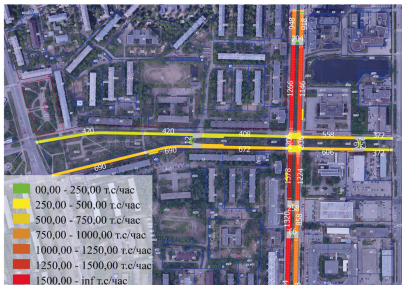


Цифрограмма времени задержки потока



Рис. 10. Картограмма интенсивности движения улично-дорожной сети модели в утренний час «пик» с реорганизацией дорожного движения на пересечении улиц Волгоградская и Короленько

Цифрограмма интенсивности потока



Цифрограмма времени задержки потока



Рис. 11. Картограмма интенсивности движения улично-дорожной сети модели в вечерний час «пик» с реорганизацией дорожного движения на пересечении улиц Волгоградская и Короленько

На основе построенной имитационной транспортной модели существующего положения создается новый сценарий, в рамках которого вносятся предложенные мероприятия реконструкции улично-дорожной сети, а также изменение в организации дорожного движения на пересечении.

На рисунке 10 представлена интенсивность движения и время задержки транспортного потока по сегментам улично-дорожной сети модели в утренний час «пик» проектного предложения по реорганизации дорожного движения.

На рисунке 11 представлена интенсивность движения и время задержки транспортного потока по сегментам улично-дорожной сети модели в вечерний час «пик» проектного предложения по реорганизации дорожного движения.

### **Сравнение результатов моделирования**

Сравнивались 4 параметра результатов имитационной модели: время задержки, гармоническая скорость, плотность движения и интенсивность движения.

Результаты имитационного транспортного моделирования в утренний час «пик» и вечерний «час «пик» представлены в таблице 1 и таблице 2, соответственно.

*Таблица 1.*

#### **Результаты имитационного транспортного моделирования в утренний час «пик»**

Параметры	Единицы	Сцен. 1	Сцен.2	Сравнение, %
				Сцен. 2/ Сцен. 1
Время задержки	сек/км	121,9	115,11	- 5,57
Гармоническая скорость	км/ч	21,32	22,21	4,17
Плотность	тр-х ср-в / км	10,93	11,11	1,65
Поток	тр-х ср-в /ч	2552	2553	0,04

Дифференциация уровней обслуживания движения проводится на основе постановления Правительства Российской Федерации от 16.11.2018 №1379 (ред. от 23.05.2024 «Об утверждении Пра-

вил определения основных параметров дорожного движения и ведения их учета», где основной характеристикой уровня обслуживания является «отношение средней скорости движения транспортных средств к скорости транспортных средств в условиях свободного движения» [24].

Таблица 2.

**Результаты имитационного транспортного моделирования  
в вечерний час «пик»**

Параметры	Единицы	Сцен. 1	Сцен.2	Сравнение, %
				Сцен. 2/ Сцен. 1
Время задержки	сек/км	151,3	143,11	- 5,41
Гармоническая скорость	км/ч	18,2	18,98	4,29
Плотность	тр-х ср-в / км	14,11	14,41	2,13
Поток	тр-х ср-в /ч	2837	2832	- 0,18

Дифференциация уровней обслуживания движения в утренний час «пик» и вечерний «час «пик» представлены в таблице 3 и таблице 4, соответственно.

Таблица 3.

**Дифференциация уровней обслуживания движения в утренний час «пик»**

Уровень обслуживания ОДД (скорость)	Сцен. 1	Сцен. 2
	С	

Таблица 4.

**Дифференциация уровней обслуживания движения в вечерний час «пик»**

Уровень обслуживания ОДД (скорость)	Сцен. 1	Сцен. 2
	D	

Проведенное моделирование и отношение полученных результатов соответствующему уровню обслуживания приводит к следующим выводам:

В утренний час «пик» показатель скорости движения сценария 2 увеличивается на 4,17%, при этом сохраняет уровень обслуживания «С», (по сравнению с транспортной моделью существующего положения, представленной сценарием 1, который соответствует уровню обслуживания «С»).

В вечерний час «пик» показатель скорости движения сценария 2 увеличивается на 4,29%, при этом сохраняет уровень обслуживания «D», (по сравнению с транспортной моделью существующего положения, представленной сценарием 1, который соответствует уровню обслуживания «D»).

Полученные в ходе моделирования результаты двух сценариев демонстрируют нормативные уровни обслуживания, в соответствии с требованиями местных нормативов градостроительного проектирования городского округа Казань (МНГП), утвержденных решением Казанской городской Думы от 14.12.2016 №8–12 «О местных нормативах градостроительного проектирования городского округа Казань» (с изменениями от 28.02.2024 №8–28) [25].

Исходя из результатов, помимо повышения безопасности на пересечении, предложенные мероприятия увеличивают пропускную способность пересечения, увеличивают скорость движения и уменьшают время простоев транспортных средств, что только подкрепляет эффективность предложенного мероприятия

### **Заключение**

Сегодня повышенное внимание уделяется повышению безопасности во всех направлениях деятельности, особенное внимание уделяется безопасности дорожного движения. В статье на разобранном примере продемонстрирована возможность инструмента, которое позволяет не допускать не правильных решений.

Компьютерное моделирование предоставляет инструменты для тестирования инфраструктурных решений. Исследование подтверждает целесообразность интеграции компьютерного моделирования в процессы городского планирования. Рекомендуется внедрение имитационных моделей в практику для повышения дорожного движения и минимизации социально-экономических потерь.

### ***Список литературы***

1. Официальный сайт Госавтоинспекции. Получено с <http://stat.gibdd.ru> (обращение 1 июня 2025 г.)

2. Шемякин, А. В., Андреев, К. П., Терентьев, В. В., Рябчиков, Д. С., & Марусин, А. В. (2018). Разработка проекта организации дорожного движения. *Вестник гражданских инженеров*, (2), 254–257. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-2-254-257> EDN: <https://elibrary.ru/USSNBE>
3. Баканов, К. С., Ляхов, П. В., Айсанов, А. С., Никулин, Е. Д., Исаев, М. М., Коблов, П. С., Царегородцева, Е. А., Смирнов, И. А., & Наумов, С. Б. (2024). Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации в 2023 году. *Информационно-аналитический обзор*. Москва.
4. Баканов, К. С., Ляхов, П. В., Айсанов, А. С., Исаев, М. М., Коблов, П. С., Никулин, Е. Д., Царегородцева, Е. А., Смирнов, И. А., Наумов, С. Б., & Гавриленко, А. А. (2024). Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 9 месяцев 2024 года. *Информационно-аналитический обзор*. Москва.
5. Пьянкова, А. И., & Фаттахов, Т. А. (2019). Смертность от дорожно-транспортных происшествий в России: подходы к оценке, тенденции и перспективы. *Демографическое обозрение*, 6(3), 58–84. EDN: <https://elibrary.ru/TONMYF>
6. Корчагин, В. А., Ляпин, С. А., Клявин, В. Э., & Ситников, В. В. (2015). Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП. *Фундаментальные исследования*, (6-2), 251–256. EDN: <https://elibrary.ru/UBKBYX>
7. Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ (ред. от 8 августа 2024 г.). О безопасности дорожного движения (с изменениями и дополнениями, вступающими в силу с 1 сентября 2024 г.).
8. Индекс безопасности дорожного движения в Российской Федерации. (нет года). Получено с <https://ibdd.spetsdor.ru/map> (обращение 1 июня 2025 г.)
9. Киселев, В. А., Шемякин, А. В., Полищук, С. Д., Терентьев, В. В., Андреев, К. П., & Чурилов, Д. Г. (2018). Оптимизация транспортной инфраструктуры городов. *Транспортное дело России*, (5), 138–140. EDN: <https://elibrary.ru/HFAGZO>

10. Костюченко, В. В. (2016). Интеллектуальные системы управления автомобильным транспортом. В *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика* (т. 4, № 5-3, с. 256–261). EDN: <https://elibrary.ru/WZQDRB>
11. Андреев, К. П., Терентьев, В. В., & Агуреев, И. Е. (2017). Разработка мероприятий по оптимизации городской маршрутной сети. *Грузовик*, (8), 6–9. EDN: <https://elibrary.ru/ZQPXTB>
12. Митюгин, В. А., & Фролов, Н. А. (2015). Методика исследования характеристик транспортных потоков на примере города Тулы. *Известия ТулГУ. Технические науки*, (6), ч. 1, 118–125. EDN: <https://elibrary.ru/UJLJGT>
13. Кураксин, А. А., & Шемякин, А. В. (2016). Метод выявления узких мест в транспортной сети города на основе динамического моделирования транспортных потоков на мезоскопическом уровне. *Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт*, (4), 39–45. EDN: <https://elibrary.ru/WMTOBB>
14. Андреев, К. П., Терентьев, В. В., & Шемякин, А. В. (2018). Натурное обследование с помощью передвижной дорожной лаборатории. *Бюллетень транспортной информации*, (4), 16–19. EDN: <https://elibrary.ru/CKRAUL>
15. Постановление Правительства РФ от 23 октября 1993 г. № 1090 (ред. от 6 декабря 2024 г.). О правилах дорожного движения.
16. Загидуллин, Р. Р. (2021). Запрет левого поворота для движения на регулируемом перекрестке с организацией объезда по кварталам. *Техника и технология транспорта*, (2), 11. EDN: <https://elibrary.ru/NZAASM>
17. ОДМ 218.4.004-2009. Руководство по устранению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог (рекомендован распоряжением Росавтодора от 21 июля 2009 г. № 260-р).
18. Басков, В. Н., Борисов, Б. И., & Кокушкин, А. Б. (2013). Современные методы по ликвидации мест концентрации ДТП и увеличению пропускной способности дорог. *Вестник Саратовского госу-*



- дарственного технического университета*, 2(71), 337–341. EDN: <https://elibrary.ru/RCNIZJ>
19. Воробьев, А. И., Шадрин, А. В., Гаврилюк, М. В., & Жанказиев, С. В. (2016). Имитационное моделирование в проектах интеллектуальных транспортных систем. Москва.
  20. Жанказиев, С. В. (2016). *Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем*. Учебное пособие. Москва: МАДИ. 104 с. EDN: <https://elibrary.ru/VUOCCP>
  21. Воробьев, А. И., & Морданов, И. С. (2013). Исследовательский комплекс моделирования интеллектуальных транспортных систем. *Автотранспортное предприятие*, (12), 40–41. EDN: <https://elibrary.ru/ROMJKR>
  22. Куфтинова, Н. Г. (2017). Разработка региональной транспортной модели с помощью имитационного моделирования. В *Сборнике статей XII Международного научно-практического конкурса* (с. 25–28). EDN: <https://elibrary.ru/ZQMCTZ>
  23. Куфтинова, Н. Г., & Боровков, А. О. (2017). Анализ транспортных потоков с помощью программных средств имитационного моделирования. *Автоматизация и управление в технических системах*, (2), 10. EDN: <https://elibrary.ru/YVNEFQ>
  24. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2018 г. № 1379 (ред. от 23 мая 2024 г.) «Об утверждении Правил определения основных параметров дорожного движения и ведения их учета».
  25. Решение Казанской городской Думы от 14 декабря 2016 г. № 8-12 «О местных нормативах градостроительного проектирования городского округа Казань» (с изменениями от 28 февраля 2024 г. № 8-28).

### **References**

1. Official Website of the State Auto Inspectorate. Retrieved June 1, 2025, from <http://stat.gibdd.ru>
2. Shemyakin, A. V., Andreev, K. P., Terent'ev, V. V., Ryabchikov, D. S., & Marusin, A. V. (2018). Development of road traffic organiza-

- tion project. *Bulletin of Civil Engineers*, (2), 254–257. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2018-15-2-254-257> EDN: <https://elibrary.ru/USSNBE>
3. Bakanov, K. S., Lyakhov, P. V., Aysanov, A. S., Isaev, M. M., Koblov, P. S., Nikulin, E. D., Tsaregorodtseva, E. A., Smirnov, I. A., Naumov, S. B., & Gavrilenko, A. A. (2024). Road accidents in the Russian Federation in 2023. *Informational-Analytical Overview*. Moscow.
  4. Bakanov, K. S., Lyakhov, P. V., Aysanov, A. S., Isaev, M. M., Koblov, P. S., Nikulin, E. D., Tsaregorodtseva, E. A., Smirnov, I. A., & Naumov, S. B. (2024). Road accidents in the Russian Federation for nine months of 2024. *Informational-Analytical Overview*. Moscow.
  5. Pyankova, A. I., & Fatkhov, T. A. (2019). Mortality from road traffic accidents in Russia: approaches to assessment, tendencies, and prospects. *Demographic Review*, 6(3), 58–84. EDN: <https://elibrary.ru/TONMYF>
  6. Korchagin, V. A., Lyapin, S. A., Klyavin, V. E., & Sitnikov, V. V. (2015). Improving road safety through analysis of accident rates and traffic accident modelling. *Fundamental Research*, (6-2), 251–256. EDN: <https://elibrary.ru/UBKBYX>
  7. Federal Law No. 196-FZ dated December 10, 1995 (as amended on August 8, 2024). On road safety.
  8. Road Safety Index in the Russian Federation. Retrieved June 1, 2025, from <https://ibdd.spetsdor.ru/map>
  9. Kiselev, V. A., Shemyakin, A. V., Polishchuk, S. D., Terent'ev, V. V., Andreev, K. P., & Churilov, D. G. (2018). Optimization of urban transport infrastructure. *Transportation Affairs of Russia*, (5), 138–140. EDN: <https://elibrary.ru/HFAGZO>
  10. Kostyuchenko, V. V. (2016). Intelligent systems for managing road transport. In *Relevant Directions of Scientific Research in the XXI Century: Theory and Practice* (Vol. 4, No. 5-3, pp. 256–261). EDN: <https://elibrary.ru/WZQDRB>
  11. Andreev, K. P., Terent'ev, V. V., & Agureev, I. E. (2017). Development of measures to optimize urban route network. *Freight Truck*, (8), 6–9. EDN: <https://elibrary.ru/ZQPXTB>

12. Mitiugin, V. A., & Frolov, N. A. (2015). Methodology for investigating traffic flow characteristics exemplified by the city of Tula. *Izvestiya TulGU. Technical Sciences*, (6), Part 1, 118–125. EDN: <https://elibrary.ru/UJLJGT>
13. Kuraksin, A. A., & Shemyakin, A. V. (2016). Method for identifying bottlenecks in urban transport networks based on mesoscopic-level dynamic traffic flow simulation. *Energy Conservation and Resource Saving: Industry and Transport*, (4), 39–45. EDN: <https://elibrary.ru/WMTOBB>
14. Andreev, K. P., Terent'ev, V. V., & Shemyakin, A. V. (2018). Field investigation using mobile road laboratory. *Bulletin of Transport Information*, (4), 16–19. EDN: <https://elibrary.ru/CKRAUL>
15. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1090 dated October 23, 1993 (as amended on December 6, 2024). On traffic rules.
16. Zagidullin, R. R. (2021). Banning left turns at controlled intersections with bypass arrangements. *Vehicle and Transport Technology*, (2), 11. EDN: <https://elibrary.ru/HZAASM>
17. ODM 218.4.004-2009. Guidance on Elimination and Prevention of Locations with High Rates of Road Accidents during Highway Operation (Recommended by Order of Rosavtodor No. 260-r dated July 21, 2009).
18. Baskov, V. N., Borisov, B. I., & Kokushkin, A. B. (2013). Modern methods for eliminating locations with high accident rates and increasing road capacity. *Saratov State Technical University Bulletin*, 2(71), 337–341. EDN: <https://elibrary.ru/RCNIZJ>
19. Vorobyov, A. I., Shadrin, A. V., Gavril'yuk, M. V., & Zhankaziyev, S. V. (2016). Simulation Modelling in Projects of Intelligent Transport Systems. Moscow.
20. Zhankaziyev, S. V. (2016). *Development of Intelligent Transport Systems Projects*. Textbook. Moscow: MADI. 104 p. EDN: <https://elibrary.ru/VUOCCP>
21. Vorobyov, A. I., & Mordanov, I. S. (2013). Research Complex for Simulating Intelligent Transport Systems. *Commercial Carrier*, (12), 40–41. EDN: <https://elibrary.ru/ROMJKR>

22. Kuftinova, N. G. (2017). Development of regional transport model using simulation. In *Collection of Articles of the XII International Scientific and Practical Contest* (pp. 25–28). EDN: <https://elibrary.ru/ZQMCTZ>
23. Kuftinova, N. G., & Borovkov, A. O. (2017). Analysis of traffic flows using simulation software. *Automation and Control in Technical Systems*, (2), 10. EDN: <https://elibrary.ru/YVNEFQ>
24. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1379 dated November 16, 2018 (as amended on May 23, 2024). On approval of rules for defining main road traffic parameters and maintaining records thereof.
25. Decision of the Kazan City Council No. 8-12 dated December 14, 2016 (amended on February 28, 2024, No. 8-28). On Local Norms of Urban Planning for the Municipality of Kazan.

### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Загидуллин Рамиль Равильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры конструктивно-дизайнерского проектирования Института дизайна и пространственных искусств *Казанский (Приволжский) федеральный университет*  
ул. Кремлевская, 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация  
[Ramil.Zagidullin@kpfu.ru](mailto:Ramil.Zagidullin@kpfu.ru)

**Банников Иван Андреевич**, магистрант 2 курса Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии *Казанский (Приволжский) федеральный университет*  
ул. Кремлевская, 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация  
[banan200088@mail.ru](mailto:banan200088@mail.ru)

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Ramil R. Zagidullin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structural and Design Engineering, Institute of Design and Spatial Arts

*Kazan (Volga region) Federal University  
18, Kremlin Str., Kazan, 420008, Russian Federation  
Ramil.Zagidullin@kpfu.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5185-2690>  
ResearcherID: E-5671-2018  
Scopus AuthorID: 57193743308*

**Ivan A. Bannikov**, 2nd year Graduate Student at the Institute of Artificial Intelligence, Robotics and System Engineering  
*Kazan (Volga region) Federal University  
18, Kremlin Str., Kazan, 420008, Russian Federation  
banan200088@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9602-2465>  
ResearcherID: NLN-9180-2025*

Поступила 01.06.2025  
После рецензирования 15.06.2025  
Принята 23.06.2025

Received 01.06.2025  
Revised 15.06.2025  
Accepted 23.06.2025