

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

На правах рукописи



Кравченко Андрей Алексеевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

Специальность 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
д-р техн. наук, доцент
Новиков Иван Алексеевич

Белгород 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СИСТЕМА ВАДС И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ДОРОЖНО- ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ	12
1.1 Анализ статистики дорожно-транспортных происшествий	12
1.2 Влияние ВАДС на статистику ДТП	16
1.2.1 Влияние составляющей ВАДС «Водитель» на статистику ДТП....	18
1.2.2 Влияние составляющей ВАДС «Автомобиль» на статистику ДТП	26
1.2.3 Влияние составляющей ВАДС «Дорога» на статистику ДТП.....	30
1.2.4 Влияние составляющей ВАДС «Среда» на статистику ДТП.....	47
1.3 Выводы по главе	55
ГЛАВА 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП НА УЧАСТКАХ УДС.....	56
2.1 Метод итоговых коэффициентов аварийности	56
2.2 Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД	62
2.3 Метод комплексной оценки причин аварийности на городских улицах (динамический анализ)	69
2.4 Сравнительный анализ существующих методик на участках с реальными ДТП с погибшими в Белгородской области	74
2.5 Анализ БДД методом статистического анализа	76
2.6 Выводы по главе	81
ГЛАВА 3. ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ДОРОЖНО- ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ	82

3.1 Геоинформационный анализ графа дорог Белгородской области на основе SVD разложения.....	82
3.1.2 Метод главных компонент.....	84
3.1.3 Метод сингулярного разложения матрицы.....	86
3.2 Анализ закономерностей возникновения ДТП в Белгородской области.....	87
3.2.1 Дорожно-транспортные происшествия, связанные с наездом на пешехода в городских условиях.....	88
3.2.2 Дорожно-транспортные происшествия, связанные с наездом на пешехода за городом.....	94
3.2.3 Дорожно-транспортные происшествия, связанные со столкновениями автомобилей в городе	99
3.2.4 Дорожно-транспортные происшествия, связанные со столкновениями автомобилей вне города.....	104
3.3 Формирование ГИС.....	110
3.3.1 Геообработка графа дорог.....	113
3.4 Выводы по главе.....	119
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ И ГИС НА ПРИМЕРЕ МЕСТ ДТП С ПОГИБШИМИ В 2021 г.....	120
4.1 Мероприятия по повышению БДД.....	120
4.2 Выводы по главе	131
ГЛАВА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННОГО СПОСОБА	132

5.1 Оценка экономической эффективности предложенного способа на примере дорожно-транспортных происшествий Белгородской области	134
5.2 Выводы по главе	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	142
ПРИЛОЖЕНИЕ А	153
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	160
ПРИЛОЖЕНИЕ В	167
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	174
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	178
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	181

ВВЕДЕНИЕ

Стабильное развитие экономики - залог успешного развития страны. Грузоперевозки на территории Российской Федерации, осуществляемые преимущественно по дорогам федерального и регионального значения, способствуют увеличению грузооборота и, соответственно, стимулируют развитие экономики субъектов и в целом Российской Федерации. Активное развитие туристической области также требует увеличения пассажирских перевозок, развития и совершенствования качества содержания и обустройства автомобильных дорог. Основные преимущества перевозки пассажиров и грузов по дорогам заключаются в мобильности, скорости и, что особенно важно, в обеспечении максимальной безопасности перевозки.

Ежегодный рост автомобилизации, увеличение протяженности улично-дорожной сети, соответствующей нормативам, увеличивает и спрос на перевозки, тем самым увеличивая интенсивность движения, что на прямую способствует возникновению ряда транспортных проблем, в том числе одной из самых значимых - дорожно-транспортное происшествие (далее ДТП) [1].

Данная угроза является старейшей в мире, с момента изобретения первого средства для передвижения по дорогам, перед участниками дорожного движения появилась угроза возникновения дорожной аварии. С годами конструкции автомобилей менялись, совершенствовались, технические характеристики улучшались (повысилась скорость и маневренность, снижается вес конструкции и т.д.), повысился уровень пассивной безопасности, однако и тяжесть последствий после ДТП также возросла.

На сегодняшний день одним из основных критериев эффективного развития экономики страны является сокращение социального риска в результате совершения дорожно-транспортных происшествий, а именно сокращение числа погибших на 100 тыс. населения [2,3]. Аварии на дорогах возникают вне зависимости от пола, социального положения и возраста ее участников. Дорожные

аварии приводят не только к ранениям людей различной степени тяжести, но и к гибели.

Таким образом, задачи по снижению тяжести последствий и сокращение к минимальному числу количества жертв дорожно-транспортных происшествий является наиболее острой социально-экономической задачей. Исследование статистики дорожно-транспортных происшествий базируется на глубоком изучении взаимодействия элементов ВАДС с выявлением составляющих типовых признаков, а именно: места возникновения ДТП, виновника ДТП, показателей среды и технического состояния транспортных средств [4].

В настоящее время уже проведено большое количество исследований на данную тему, однако, вопрос выявления потенциальных мест возникновения дорожно-транспортных происшествий до конца не изучен, так как это сопряжено со значительными временными и материальными затратами.

Степень разработанности темы. Вопросами выявления взаимосвязей элементов системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (далее ВАДС) и признаков мест возникновения ДТП занимались в своих работах Агуреев И.Е., Афанасьев М.Б., Бабков В.Ф., Боровской Б.Е., Гиттис В.Ю., Евтюков С.А., Евтюков С.С., Жанказиев С.В., Зырянов В.В., Иларионов В.А., Новиков А.Н., Новиков И.А., Кравченко П.А., Корчагин В.А., Клявин В. Э., Рябоконь Ю.А., Сильянов В.В., Суворов Ю.Б., Байэтт Р., Вонг Дж., Коллинз Д., Моррис Д., Уоттс Р. и др.

Несмотря на достаточно широкое обеспечение исследованиями по данной теме, единого подхода к прогнозированию возможных мест возникновения ДТП на данный момент не выявлено с точки зрения возможности анализа больших объемов данных по дорожной сети. При этом анализу должны подвергаться тысячи километров дорог и десятки тысяч пересечений, а также необходимо выявить набор признаков для определения наиболее опасных участков с точки зрения вероятности возникновения ДТП.

Цель работы – снижение количества дорожно-транспортных происшествий с погибшими путем совершенствования методики прогнозирования мест возникновения дорожных аварий.

Задачи исследования:

1. Проанализировать статистику дорожно-транспортных происшествий с погибшими с точки зрения системы ВАДС.
2. Выявить наиболее значимые факторы каждой составляющей системы ВАДС с точки зрения влияния на возникновение ДТП с погибшими.
3. Проанализировать методики и нормативно-правовую документацию по выявлению наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети.
4. Выполнить анализ статистических данных мест возникновения ДТП с погибшими и разделить их по группам с применением информационной модели дорог.
5. Разработать вероятностную модель выявления опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети.
6. Сформировать типовые решения для снижения рисков возникновения ДТП на опасных участках с точки зрения ДТП с погибшими.
7. Произвести экономическую оценку предложенных решений с точки зрения повышения безопасности дорожного движения.

Объект исследования. Дорожно-транспортные происшествия.

Предмет исследования. Взаимодействие элементов системы «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда», как совокупности факторов, способствующих возникновению дорожно-транспортных происшествий.

Рабочая гипотеза состоит в том, что на процесс возникновения дорожных аварий оказывает влияние совокупность факторов системы ВАДС, анализ которых дает возможность разработать вероятностную модель возникновения ДТП для выявления наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, что позволит прогнозировать и принимать управленческие решения, направленные на минимизацию рисков совершения дорожно-транспортных происшествий и, как следствие, снижать смертность на дорогах.

Научная новизна исследования:

- установлены устойчивые зависимости между отдельными элементами системы ВАДС и вероятностью возникновения дорожно-транспортных происшествий с погибшими;
- на основе статистических данных впервые установлены взаимосвязи элементов системы ВАДС, описывающие места совершения дорожно-транспортных происшествий;
- на основе информационной модели дорог общего пользования и улично-дорожной сети населенных пунктов впервые установлены закономерности в выявлении наиболее вероятных участков совершения дорожно-транспортных происшествий.

Теоретическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в совершенствовании методики определения опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, мест возникновения дорожно-транспортных происшествий, отражающей объективные закономерности в области обеспечения безопасности дорожного движения с использованием ранее не применяемого в данной сфере информационного подхода для решения главной задачи – снижения смертности на дорогах.

Практическая значимость работы заключается в усовершенствованном подходе получения исходных данных для принятия решений в области безопасности дорожного движения на дорожной сети с целью предотвращения дорожно-транспортных происшествий с тяжкими последствиями.

Результаты исследований имеют прикладной характер и могут быть использованы в работе службы ГИБДД и органах исполнительной власти субъектов РФ и муниципальных образований, владельцами дорог, организациями отвечающих за содержание улиц и дорог.

Методология и методы исследования представлены теоретическими и практическими исследованиями на основе анализа статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях с пострадавшими и использованием

геоинформационной системы для выявления на дорожной сети элементов с определенными признаками. Методы исследований: статистический анализ; математическая статистика и теория вероятностей; прогнозирование; математическое программирование; эксперимент.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты анализа существующих методов оценки улично-дорожной сети с точки зрения возможности возникновения ДТП;
- теоретический подход на основе развернутого статистического анализа ДТП в системе ВАДС, позволяющего описать признаки места возникновения ДТП;
- геоинформационная система для определения наиболее опасных участков дорог общего пользования или участков улично-дорожной сети с точки зрения возникновения дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими;
- результаты математического анализа с использованием SVD разложения для определения уровня влияния отдельных элементов системы ВАДС на место возникновения ДТП;
- результаты экспериментального внедрения системы выбора участков дорог общего пользования или участков улично-дорожной сети для снижения рисков возникновения ДТП с погибшими;
- оценка экономической эффективности предложенного способа на примере дорожно-транспортного происшествия.

Степень достоверности и апробация результатов.

Основные положения и результаты исследования доложены, обсуждены и одобрены на Международных научно-практических конференциях, конгрессах и форумах: IV Всероссийской научно-практической конференции «ГЛОНАСС-регионам, 2014», (Орел, 2014 г.), II Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орел, 2016 г.), IX всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой памяти профессора, доктора технических наук Резника Л.Г. «Организация и безопасность дорожного движения» (Тюмень, 2016 г.), XI Международной научно-практической конференции «Управление деятельностью

по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования» (Орел, 2017 г.), XII Международной научно-практической конференции «Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования» (Орел, 2018 г.), Journal of Physics: Conference Series (Bristol, UK, 2018 г.), MATEC Web of Conferences 298, 00077 (2019) International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science (ICMTMTE 2019), CATPID-2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Russia, Nalchik, VII Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орел, 2021 г.)

Информационная база исследования.

Законодательные и нормативные правовые акты, Стратегия безопасности дорожного движения, федеральные и региональные целевые программы развития транспортных систем, материалы федеральных и региональных органов власти, управлений и ведомств, статистические данные.

Личный вклад автора.

Автором определены и осуществлены направления теоретических и экспериментальных исследований, произведен анализ полученных данных, разработаны концептуальные положения по совершенствованию методики прогнозирования мест возникновения ДТП, сформулированы выводы и внедрены результаты исследований.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.

Выполненные исследования отвечают формуле паспорта научной специальности 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта по пункту 5 «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков» и пункту 7 «Исследования в области безопасности движения с учетом технического

состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей; проведение дорожно-транспортной экспертизы».

Публикации. Основные теоретико-методологические положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 15 печатных работах, в том числе 3 научные статьи в изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 3 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus, Web Of Sciens).

В опубликованных работах автору принадлежат основные научные идеи, теоретические и расчетно-прикладные разработки, заключение и выводы.

Структура и объем диссертации. Структура и последовательность изложения результатов диссертационной работы определены целью и задачами исследования. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений, содержит 183 страницы текста, 17 таблиц, 80 рисунков. Библиографический список включает 103 наименования.

ГЛАВА 1. СИСТЕМА ВАДС И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ

1.1 Анализ статистики дорожно-транспортных происшествий

В РФ за 2020 г. произошло 145 073 ДТП (-11,7%), в результате которых 16 152 человека погибло (-4,9%) и 183 040 человек получили ранения (-13,2%). Однако, несмотря на наблюдаемую тенденцию снижения показателей аварийности, в 6 регионах страны наблюдается увеличение количества ДТП, в 29 регионах – рост числа погибших и в 10 регионах – числа раненых в ДТП [18].

Согласно статистике ДТП, за последние 10 лет можно выделить характерную динамику изменения показателей аварийности. Так, в период 2011–2013 гг. наблюдается увеличение числа раненых и количества ДТП. Уменьшение показателей аварийности начинается с 2014 г., а их минимальные значения, приходятся на 2020 г. [100, 102].

На автомобильных дорогах общего пользования в 2020 г. произошло 47 986 ДТП, что составляет 33,1% от всех происшествий. В городах и населённых пунктах в этом же году произошло 42 426 ДТП, в которых 3256 человек погибло и 52 090 человек получили ранения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что значительная часть происшествий совершается в населённых пунктах и на участках улично-дорожной сети (УДС).

По итогам 2020 г. на улично-дорожной сети Белгородской области погибло 138 и ранено 1425 человек в 1156 дорожных авариях. Социальный риск на территории региона 8,9, таким образом можно сделать вывод о необходимости реализации дополнительных мер профилактики дорожно-транспортных происшествий.

По сравнению с аналогичным периодом 2019 года отмечено снижение общего количества ДТП – на 12,6%, количества погибших – на 10,4%, количества раненых – на 14,6% (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Анализ основных показателей аварийности в РФ

Субъект	ДТП	±% к АППГ	Погибло	±% к АППГ	Ранено	±% к АППГ	Тяжесть
Российская Федерация	145 073	-11,7	16 152	-4,9	183 040	-13,2	8,1
ЦФО	35 537	-13,1	3 852	-7,9	43 520	-14,3	8,1
Белгородская обл.	1 156	-12,6	138	-10,4	1 425	-14,6	8,8
Воронежская обл.	2 810	-9,8	391	-5,6	3 526	-10,6	10,0
Курская обл.	1 499	-9,3	166	-13,5	1 908	-10,7	8,0
Липецкая обл.	1 424	-12,3	181	2,3	1 755	-14,2	9,3
Тамбовская обл.	1 146	-13,8	132	-14,8	1 497	-14,3	8,1

Однако, анализируя аварийность, стоит отметить что, за последние 10 лет уровень травматизма от дорожных аварий в области остаётся высоким и требует принятия дополнительных мер во всех сферах (дорожное строительство, содержание дорог, обучение кандидатов в водители и, конечно, пропаганда безопасности дорожного движения) (рисунок 1.1). Максимальное значение за последние 10 лет отмечается в 2011 г. Максимальный прирост ДТП (+10,6%) и количества раненых (+9,2%) отмечен в 2016 г., максимальное увеличение количества погибших (+15,1%) отмечено в 2011 г.

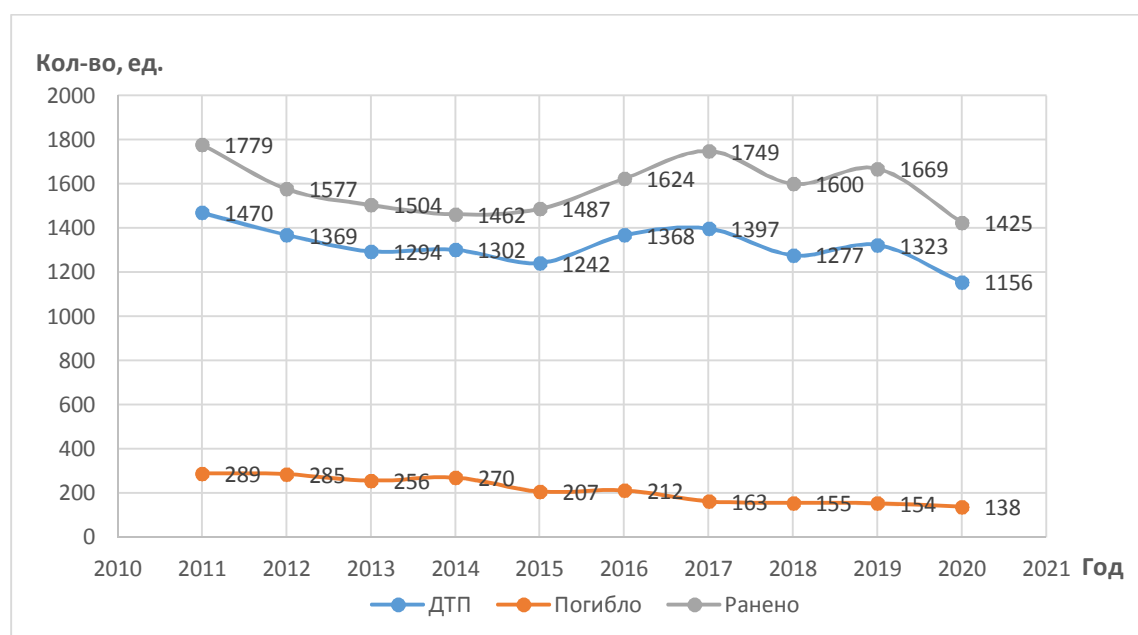


Рисунок 1.1 – Основные показатели аварийности в Белгородской области в период с 2011 по 2020 гг.

С 2011 по 2020 гг. на территории области отмечалось снижение показателей аварийности «количество ДТП на 10 тысяч единиц транспортных средств» и «количество пострадавших на 100 тыс. населения», представленные на рисунке 1.2.

На каждые 10 тысяч единиц транспорта в области совершено 17,12 ДТП (по России – 24,16 по ЦФО – 21,59), число пострадавших в происшествиях людей на 100 тыс. жителей составило 101,41 (по России – 135,02 по ЦФО – 119,98).

Происшествия, зарегистрированные в 2020 г., распределяются по следующим основным видам:

- столкновение – 525;
- наезд на пешехода – 306;
- наезд на препятствие – 43;
- опрокидывание – 57;
- наезд на велосипедиста – 43.

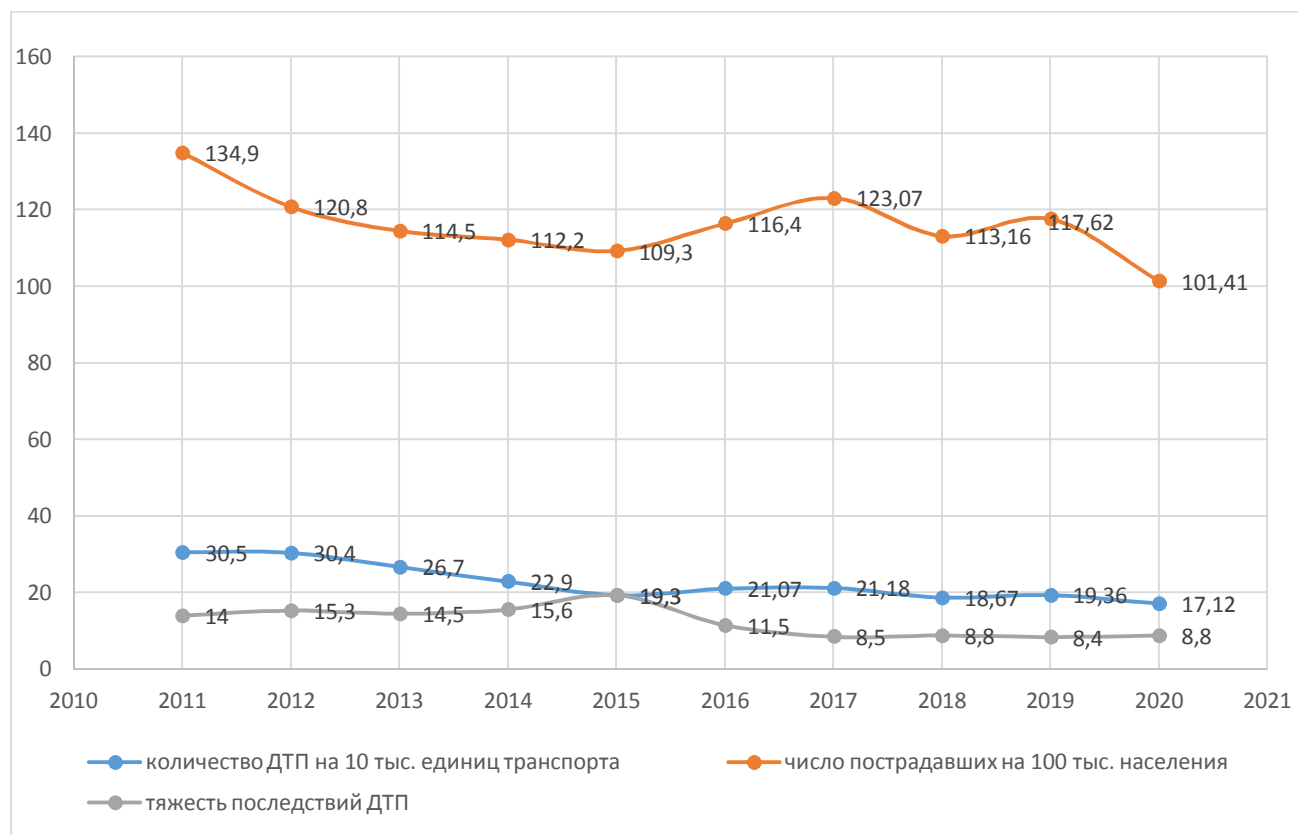


Рисунок 1.2 – Относительные показатели аварийности в Белгородской области в период с 2011 по 2020 гг.

Самым распространенным видом ДТП на протяжении последних девяти лет являются столкновения транспортных средств, число которых составило 45,4% в структуре аварийности. Количество наездов транспортом на пешеходов снизилось на 11% и в удельном весе составило 26,5%. В свою очередь, по сравнению с 2019 г. уменьшилось количество наездов на пешеходов (306, -11%), опрокидываний (57, -49,6%) и наездов на препятствия (43, -47,6%). Также в 2020 г. на 54,5% снизилось количество ДТП из-за нарушения правил дорожного движения водителями автобусов (20%), что в свою очередь отразилось на снижении количества такого вида ДТП, как падение пассажира (18, -30,8%).

Таблица 1.2 Основные виды ДТП в Белгородской области за 2020 г.

Вид ДТП	ДТП		Погибло		Ранено		Тяжесть
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	
Столкновение	525	-14,4	47	-20,3	782	-15,6	5,7
Опрокидывание	57	-49,6	15	-6,3	54	-61,7	21,7
Наезд на пешехода	306	-11,0	40	14,3	282	-14,5	12,4
Наезд на препятствие	43	-47,6	6	-57,1	54	-42,6	10,0
Наезд на стоящее ТС	18	-47,1	2	-75,0	19	-50,0	9,5
Наезд на велосипедиста	43	стаб.	6	-33,3	38	2,7	13,6
Падение пассажира	18	-30,8	0	стаб.	19	-29,6	0,0
Иной вид	145	113,2	22	69,2	176	131,6	11,1

По-прежнему остается высоким уровень аварийности с участием пешеходов, в 2020 г. на территории региона произошло 306 (-11%) таких ДТП, в них 40 (+14,3%) человек погибли и 279 (+15,2%) получили ранения. По времени суток (темное и светлое) количество совершенных ДТП распределились следующим образом: по 153 ДТП, удельный вес которых составил 50% на 50% соответственно. Наибольшее количество погибших из-за наездов на пешеходов

отмечено в ДТП, совершённых в тёмное время суток (25, -7,4%), а наибольшее количество людей, получивших ранения, отмечено в происшествиях, совершённых в светлое время суток (143, -17,3%) (таблица 1.2).

Наиболее опасными являются наезды на пешеходов на пешеходных переходах (54,9%), совершено 168 ДТП, в результате 10 человек погибло и 166 получили ранения различной степени тяжести. При этом более 80% совершены на нерегулируемых переходах, в которых 137 пешеходов получили травмы и 8 скончалось.

1.2 Влияние ВАДС на статистику ДТП

Изначально, с момента развития транспортных средств перед водителями, пассажирами и пешеходами возникла угроза совершения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [3, 58]. В 1886 году появился единственный собранный автомобиль, а уже на десятом году его существования был официально зарегистрирован первый случай дорожно-транспортного происшествия, а по истечении 3 лет из-за ДТП впервые погиб человек, далее травматизм и гибель на дорогах в результате совершения ДТП неуклонно росло [4].

В настоящее время и на протяжении последних 5 лет, в Белгородской области в частности, и РФ в целом, наблюдается снижение количества пострадавших и погибших в ДТП. При этом социальные риски также снижаются, а с учетом действия национального проекта «Безопасные качественные дороги» (БКД) планируется дальнейшее снижение данного показателя (рисунок 1.3).

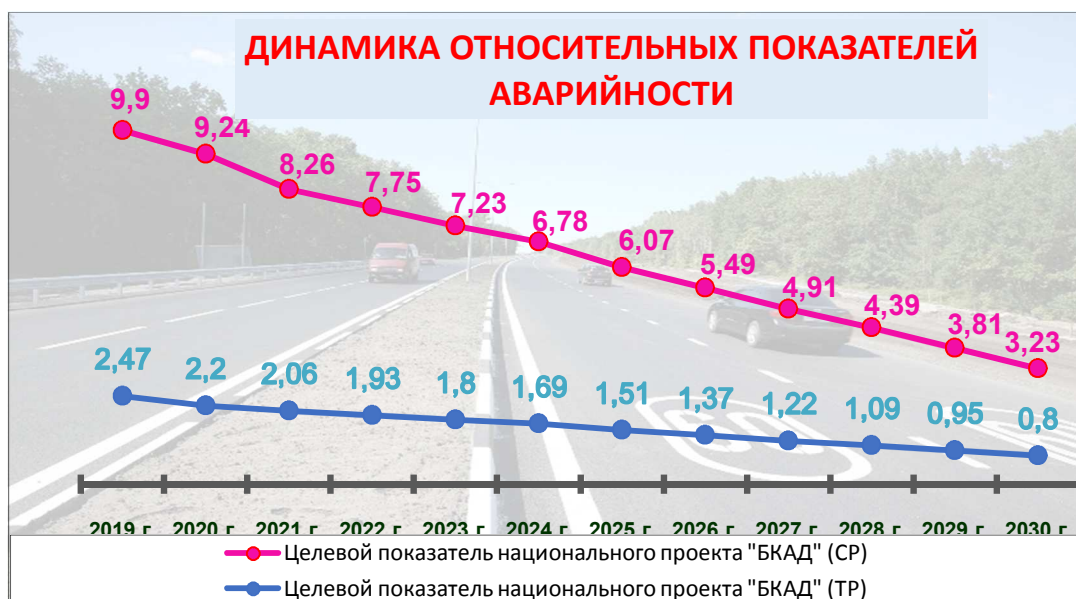


Рисунок 1.3 – Прогнозируемые показатели социального и транспортного риска в Белгородской области за период 2019-2030 гг.

Исходя из поставленных задач в национальном проекте БКД по снижению социальных рисков, был осуществлен анализ дорожно-транспортных происшествий с погибшими за период 2015-2020 гг. При этом момент возникновения ДТП предполагался вероятностным событием, зависящим от взаимодействия системы «Водитель – Автомобиль – Дорога –Среда» (ВАДС) [15,16] и был описан графически на рисунке 1.4.

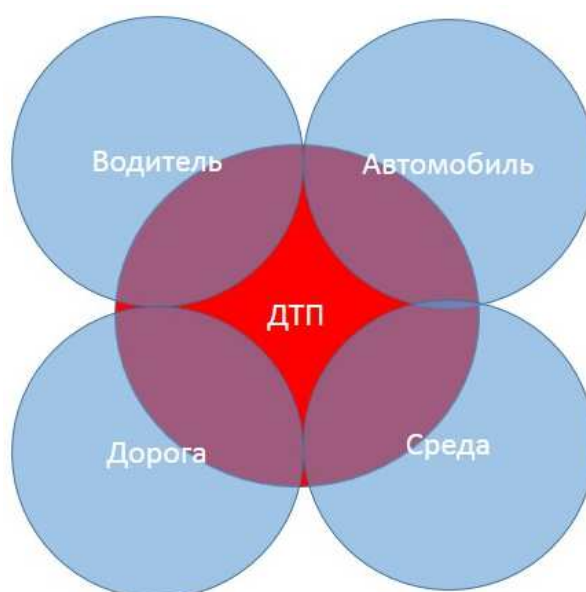


Рисунок 1.4 – Взаимодействие элементов ВАДС при возникновении ДТП

1.2.1 Влияние составляющей ВАДС «Водитель» на статистику ДТП

Таким образом, необходимо проанализировать все происшествия за изучаемый период с точки зрения каждой составляющей данной системы. Рассматривая первую составляющую системы «Водитель», его статус, возрастной показатель, стаж и иные данные, которые можно извлечь из официальных источников о статистике ДТП и данных по административной практике (нарушения ПДД), для этого была составлена социальная характеристика виновника ДТП, представленная на рисунке 1.5.

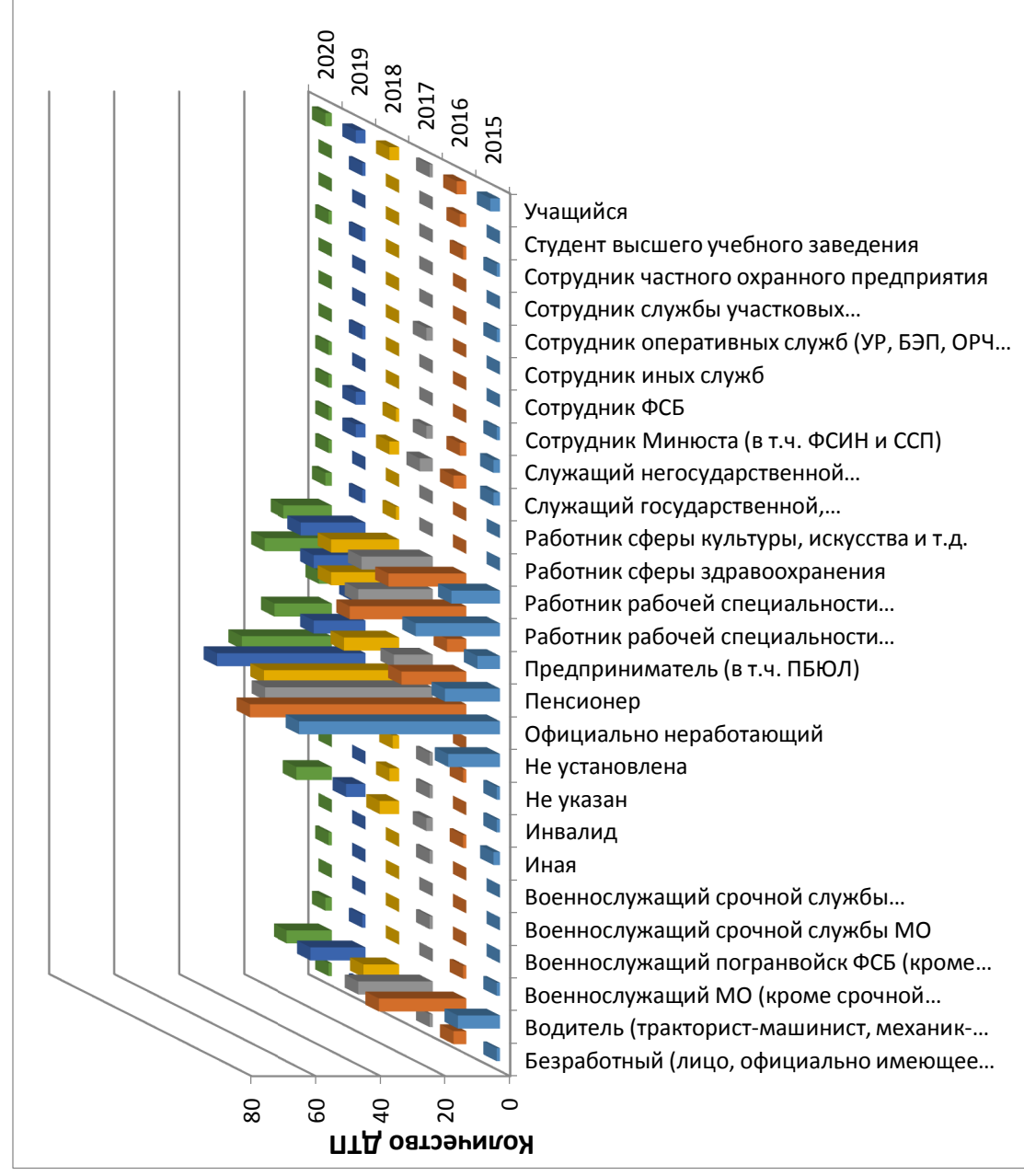


Рисунок 1.5 – Социальная характеристика виновника ДТП

Как видно из представленного графика, наибольшее количество ДТП с погибшими за 2015-2020 гг. совершили:

- 1) безработные водители, т.е. самозанятые, что составляет 33,6% от общего количества;
- 2) работники рабочей специальности непромышленной сферы 15,2% от общего количества;
- 3) работники рабочей специальности промышленной сферы 12,7% от общего количества;
- 4) механик, водитель - 11,4% от общего количества;
- 5) пенсионер - 10,24% от общего количества.

Исходя из этого, именно на эти 5 групп водителей приходится 83% всех случаев ДТП с погибшими. Данные группы населения являются активными участниками дорожного движения, зачастую их работа связана с необходимостью большого количества перемещений по объектам, при этом социальный статус подразумевает либо исполнение работы самостоятельно, либо по поручению, т. е. это самая экономически активная часть населения. Проанализировав данный график, можно сделать вывод, что чем больше доля такого населения проживает на определенной территории, чем выше коэффициент использования транспорта, тем выше вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Далее необходимо рассмотреть следующую социальную характеристику, составляющую системы ВАДС «Водитель» – возрастной состав виновных в ДТП, представленный на рисунке 1.6.

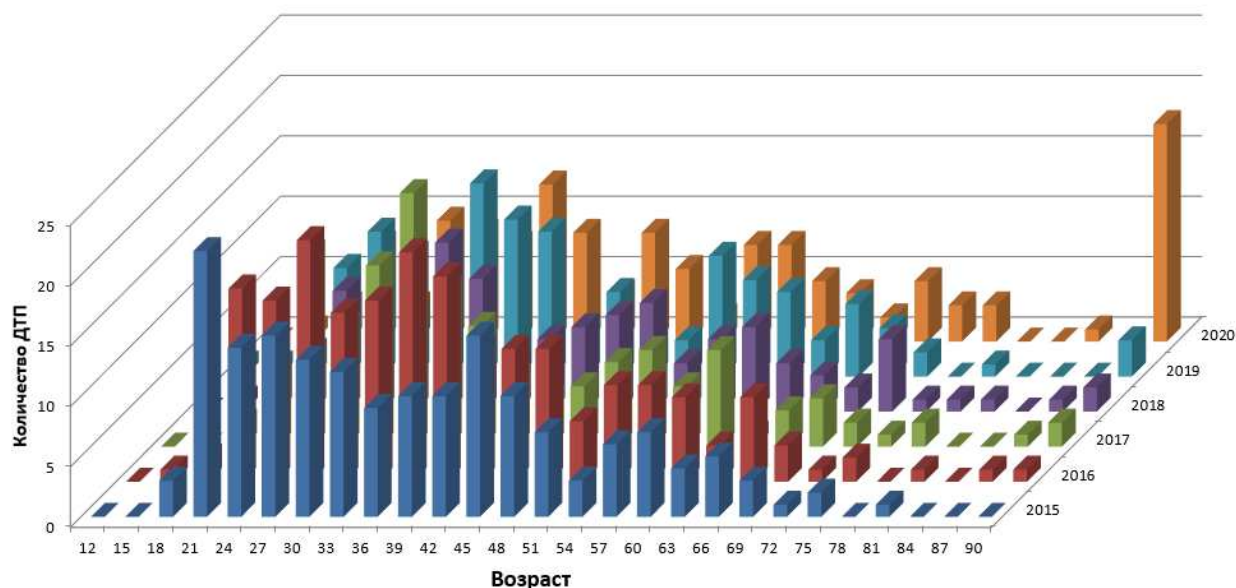


Рисунок 1.6 – Возрастной состав виновных в ДТП

Как видно из представленного графика, наблюдаются значительные колебания в возрастном составе, присутствует самая экономически активная часть населения в возрасте от 20 до 45 лет (65,4% от общего количества ДТП). Категория людей предпенсионного возраста составляет 12,7% от общего количества ДТП [30], т. е., это классическое снижение реакции водителя, но в то же время данная категория людей еще не может оценить это физически. Для более точного описания составляющей системы ВАДС «Водитель» рассмотрено распределение по стажу управления автомобилем, представленное на рисунке 1.7.

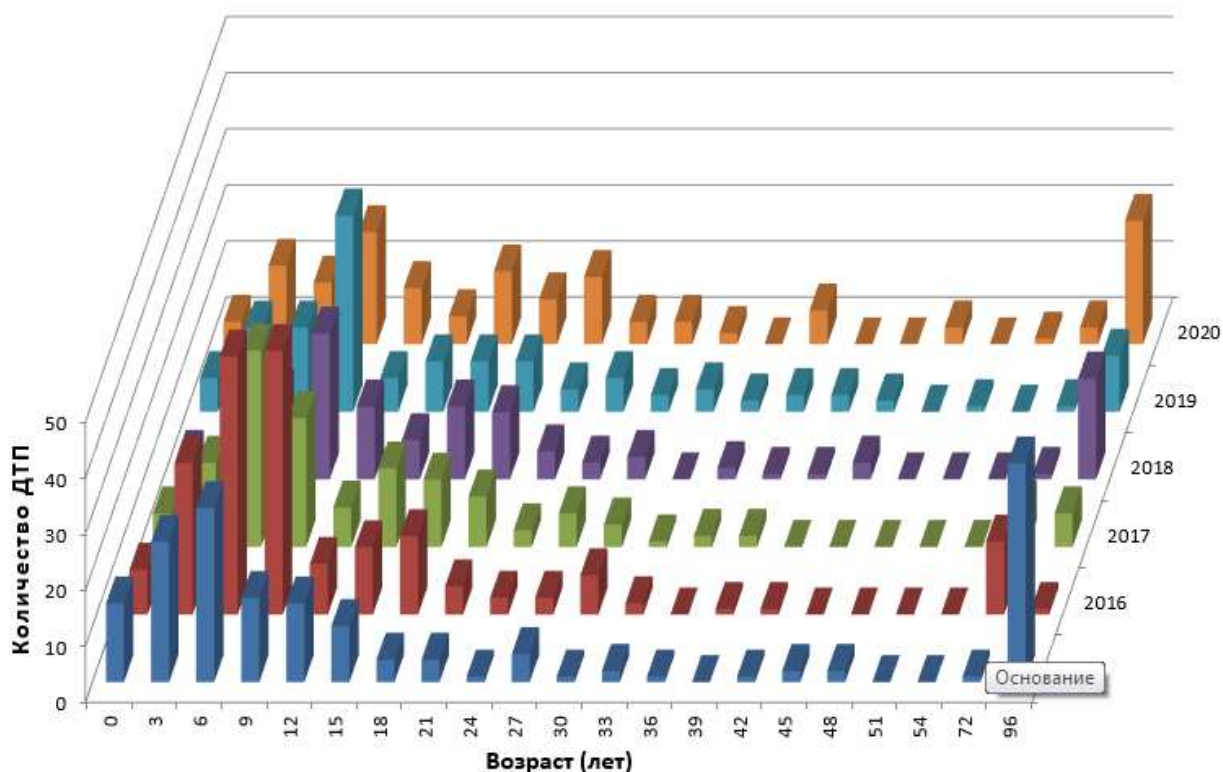


Рисунок 1.7 Распределение водителей, виновников ДТП с погибшими, по стажу управления автомобилем

Как видно из представленного графика, наибольший показатель количества ДТП с погибшими имеет группа водителей со стажем управления автомобилем 5-10 лет, которая в общей массе составляет 47% от общего количества, а следующей является группа водителей со стажем управления автомобилем 20-25 лет, которая составляет 19,1% от общего количества. Поэтому, исходя из классической «психологии водителя», можно говорить о том, что к самой высокой группе риска относятся водители, которые имеют незначительный опыт управления автомобилем, но еще не полностью оценивают вероятные риски возникновения ДТП, при этом следующая группа риска – это водители, которые имеют значительный опыт, но психологически уже «расслабились» на дороге.

Следующей составляющей системы ВАДС «Водитель» является статус исследуемого водителя, поэтому дополнительно требуется рассмотреть среднюю стоимость автомобиля виновника ДТП с погибшими, представленную на рисунке 1.8.

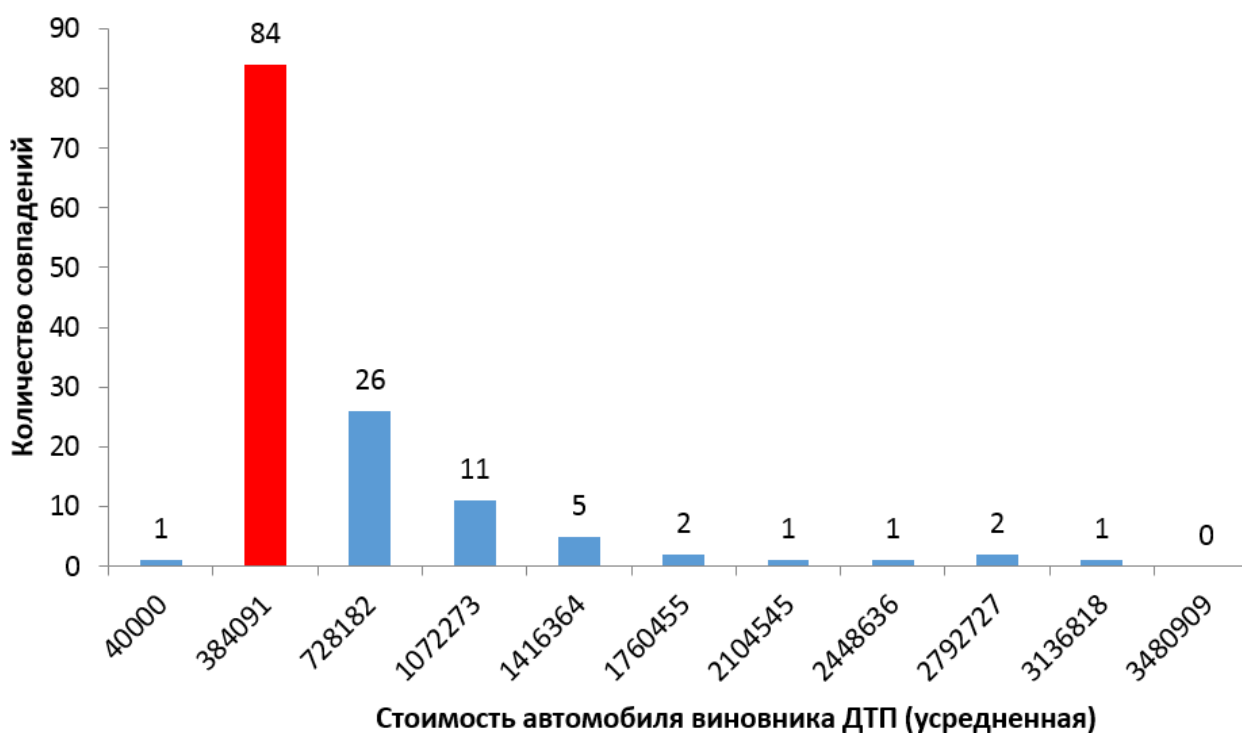


Рисунок 1.8 – Распределение средней стоимости автомобиля виновника ДТП в 2020 г.

Как видно из представленного графика, 80% всех виновников ДТП с погибшими, передвигались на автомобилях стоимостью от 380 до 750 тысяч рублей, т.е. это дешевый сегмент автомобилей российского производства или массовый сегмент вторичных автомобилей иностранного производства, что и подтверждается рисунком 1.9 распределения по маркам ТС виновников ДТП.

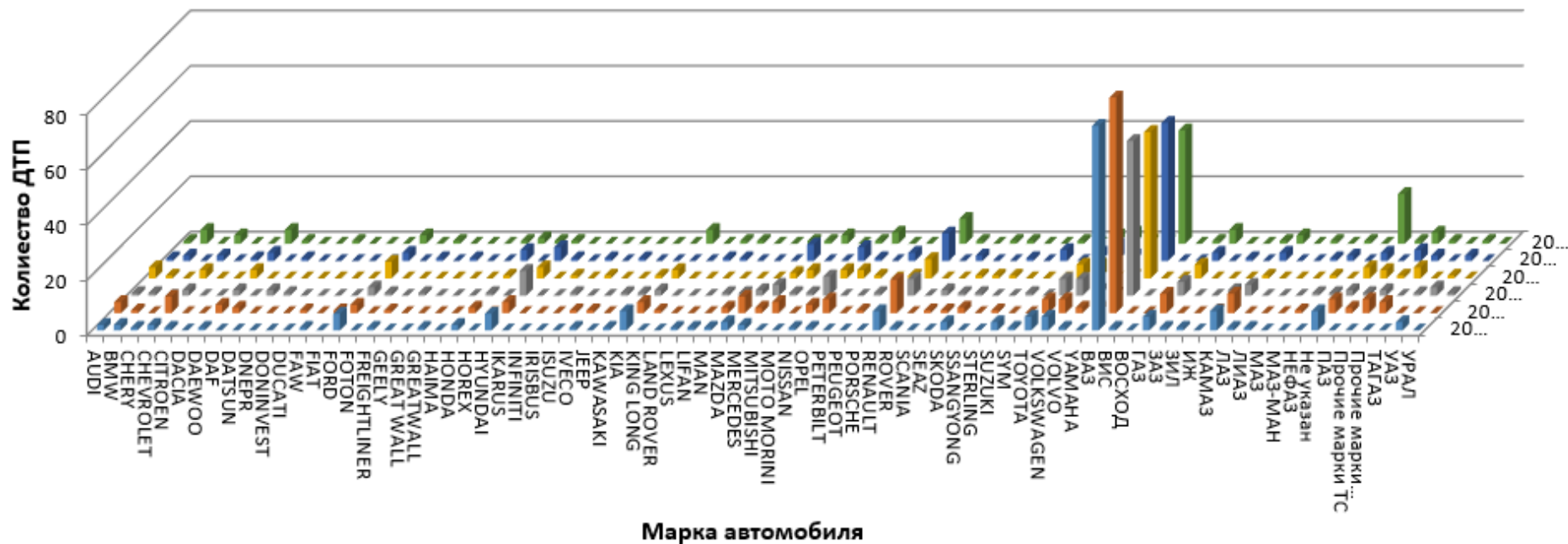


Рисунок 1.9 – Распределение по маркам ТС виновников ДТП

Анализ рисунка подтверждает, что автомобили виновников ДТП являются достаточно новыми, но в то же время находятся в нижнем ценовом сегменте, с минимальным набором опций систем безопасности и поддержки водителей. Отсюда можно сделать вывод, что чем выше доля такого транспорта на улично-дорожной сети, тем вероятность ДТП с погибшими будет возрастать.

Однако необходимо рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Водитель» - распределение виновников ДТП по гендерному составу, которое представлено на рисунке 1.10.

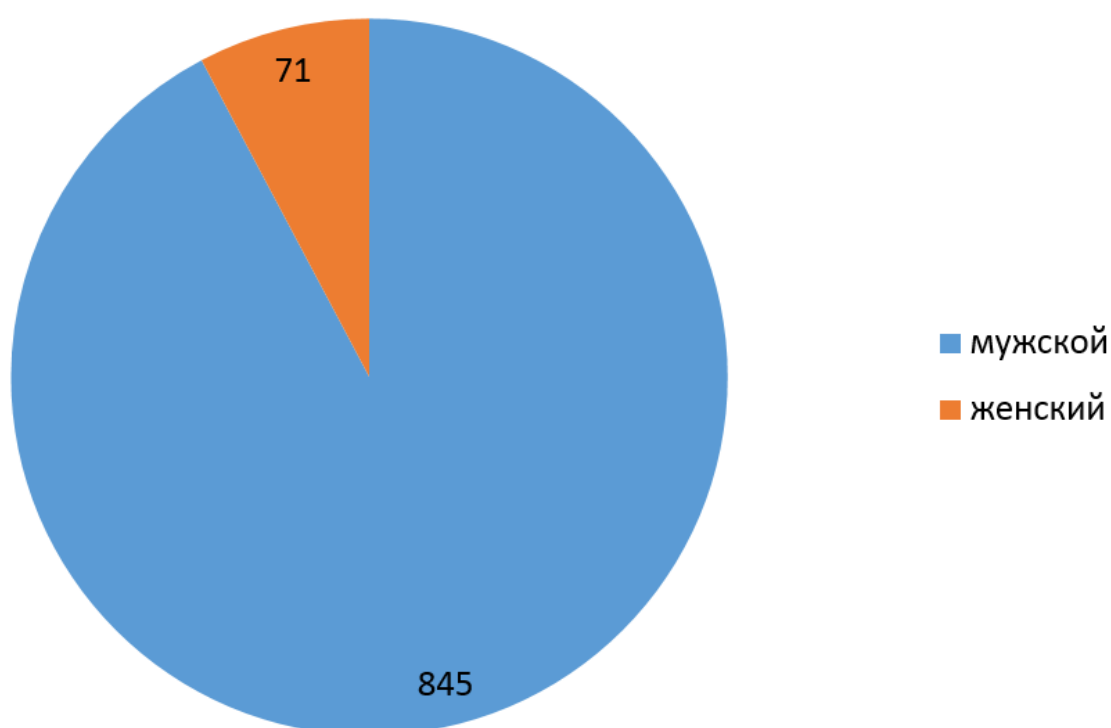


Рисунок 1.10 – Распределение виновников ДТП по гендерному составу

Из представленного рисунка видно, что 95% всех виновников ДТП с погибшими, являются мужчины, однако данный параметр динамический, и доля женщин может повышаться с увеличением доли их в общем количестве водителей.

При этом требуется рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Водитель» - данные по нарушениям ПДД, виновниками ДТП с погибшими, на основании данных административной практики УГИБДД УМВД России по Белгородской области. Однако эти данные необходимо рассмотреть с учетом

допущения, что одним и тем же автомобилем управляет одно и то же лицо в течение года. Распределение количества нарушений по виновникам ДТП представлено на рисунке 1.11.

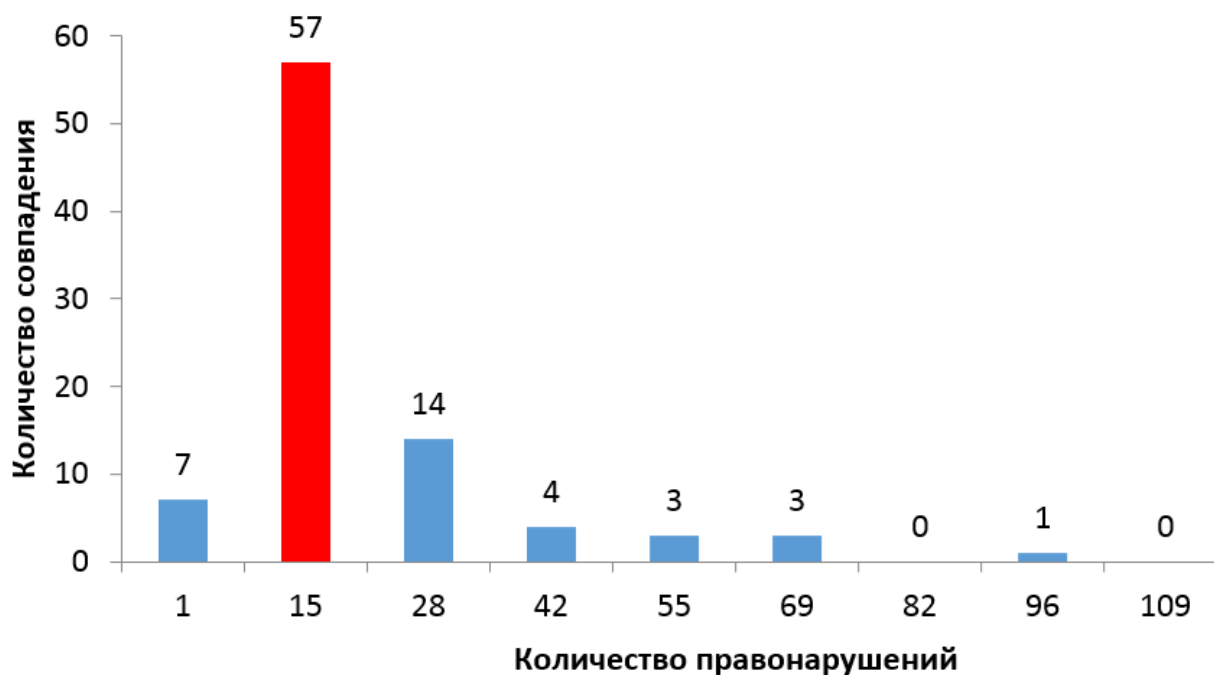


Рисунок 1.11 – Распределение количества нарушений по виновникам ДТП за 2020 г.

Как видно из представленного графика, основная масса виновников ДТП имеет в среднем 15 правонарушений за год, что составляет 63% от общего количества нарушений. То есть, исходя из пересчета на количество месяцев в году, в среднем происходит фиксация нарушений ПДД от 1,25 до 2,33 на одного виновника ДТП за месяц.

Таким образом, социальный портрет виновника ДТП с погибшими по Белгородской области за 2020 год принимает следующий вид, представленный на рисунке 1.12.

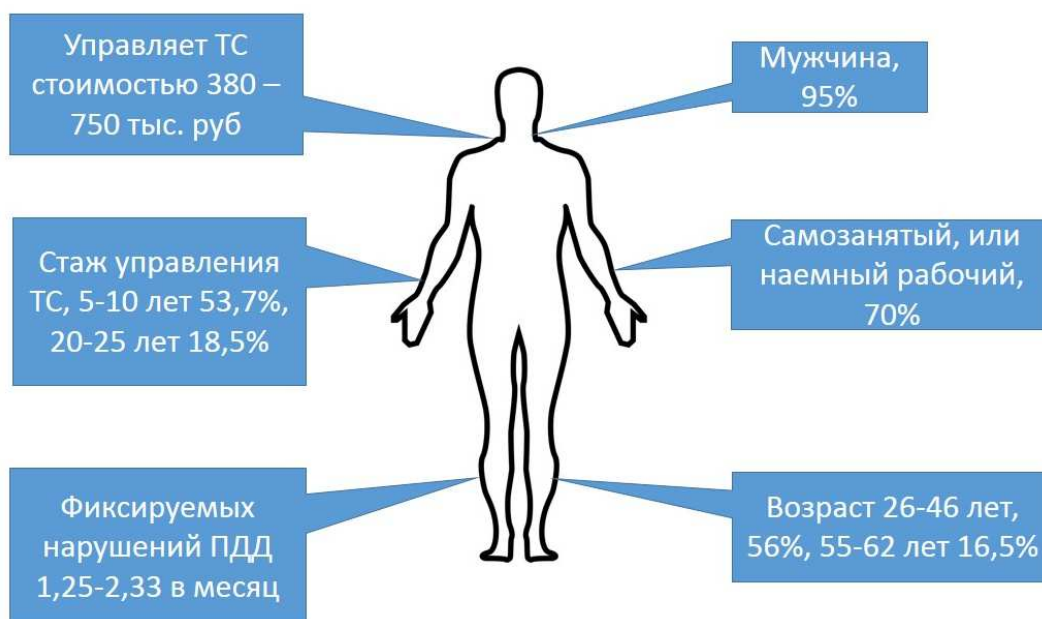


Рисунок 1.12 – Социальный «портрет» виновника ДТП по Белгородской области за 2020 г.

Таким образом, анализ составляющей системы ВАДС «Водитель» показал, что «портрет» виновника ДТП с погибшими принимает следующий вид: управляет автомобилем стоимостью от 380 до 750 тыс. рублей, вероятнее всего, – мужчина, со стажем управления автомобилем 5-10 лет, самозанятый или наемный рабочий, в возрасте от 26 до 46 лет, который нарушает ПДД 1-2 раза в месяц.

1.2.2 Влияние составляющей ВАДС «Автомобиль» на статистику ДТП

Далее необходимо рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС – это «Автомобиль», к его параметрам необходимо отнести такие показатели, как: тип ТС, стоимость автомобиля, марка, класс, цвет, техническая исправность на момент ДТП [17, 50]. Так как стоимость и марка автомобиля были рассмотрены в составляющей системы ВАДС «Водитель», то первым рассматриваемым параметром составляющей системы ВАДС «Автомобиль» является распределение по типам ТС виновников ДТП за 2020 г., представленное на рисунке 1.13.

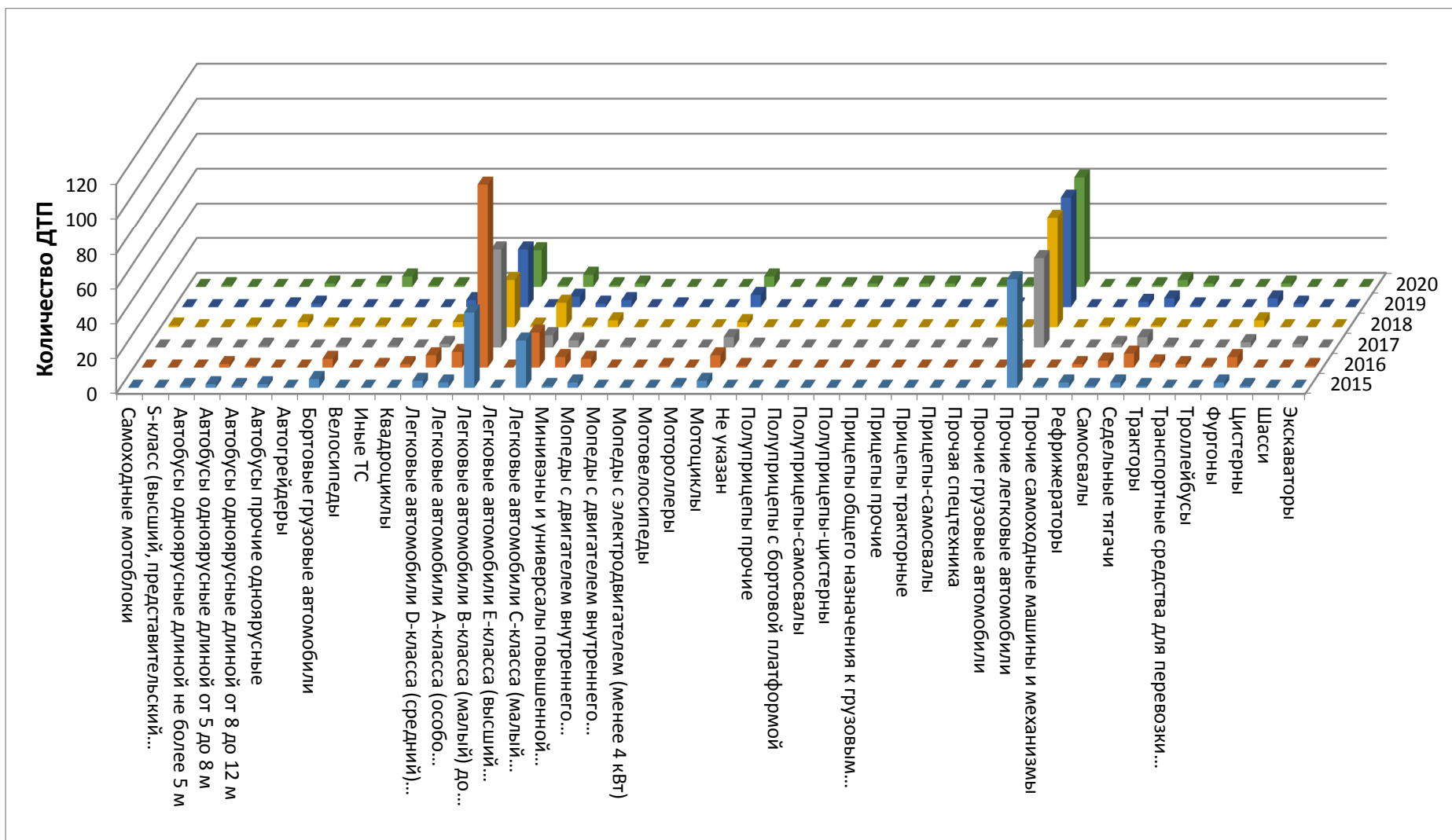


Рисунок 1.13 – Распределение по типам ТС виновников ДТП за 2020 г.

Как видно из представленного рисунка, основными виновниками ДТП являются легковые автомобили, при этом совокупная доля таких транспортных средств с учетом всех типов легковых автомобилей составляет 76,8%, т.е., их число пропорционально численному значению в общем транспортном потоке [6 – 8].

При этом требуется рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Автомобиль», для чего был проведен анализ количества нарушений по технической неисправности ТС в момент совершения ДТП [9–11], представленное на рисунке 1.14.

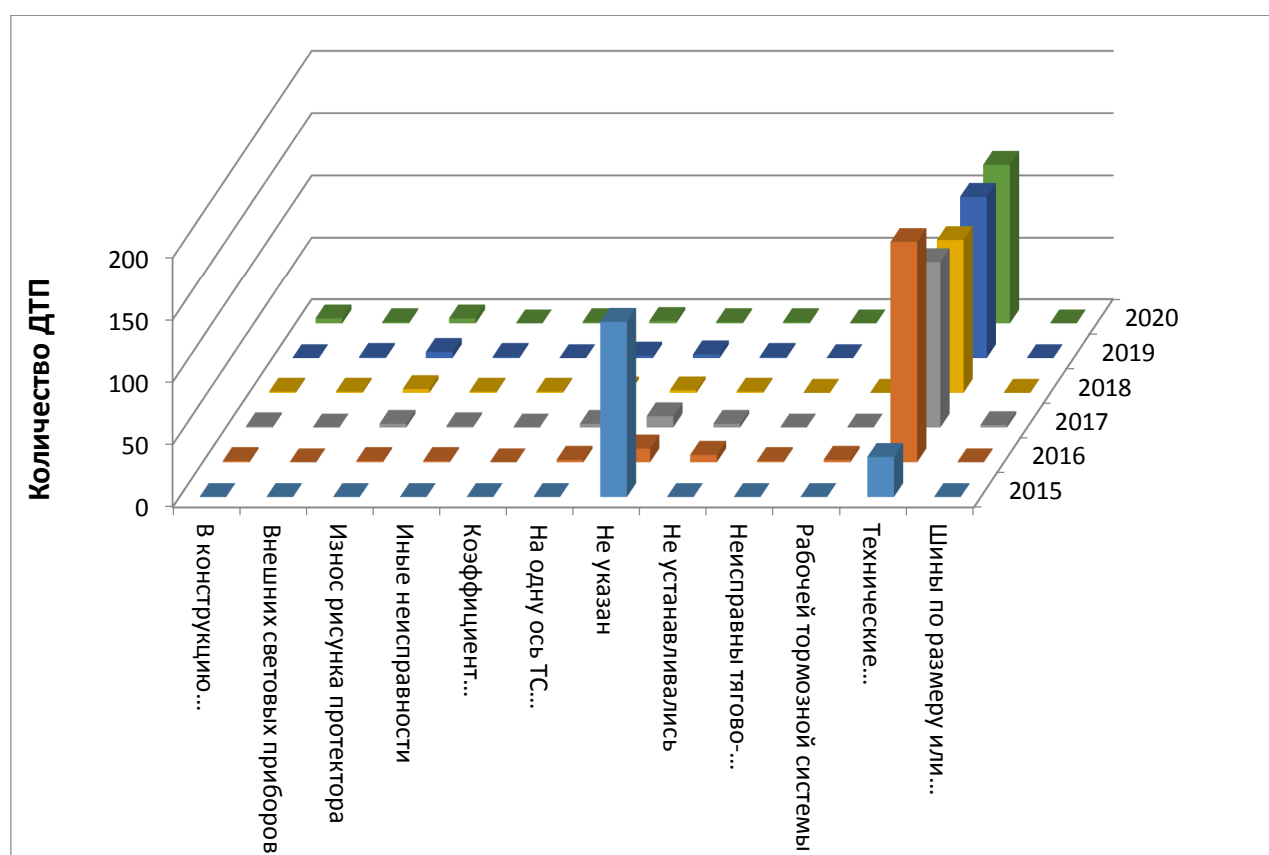


Рисунок 1.14 – Количество нарушений по технической неисправности ТС

Из представленного графика можно сделать вывод, что более 94% автомобилей в момент ДТП были исправными. Далее требуется рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Автомобиль» - цветовую гамму автомобилей участников ДТП с погибшими [12].

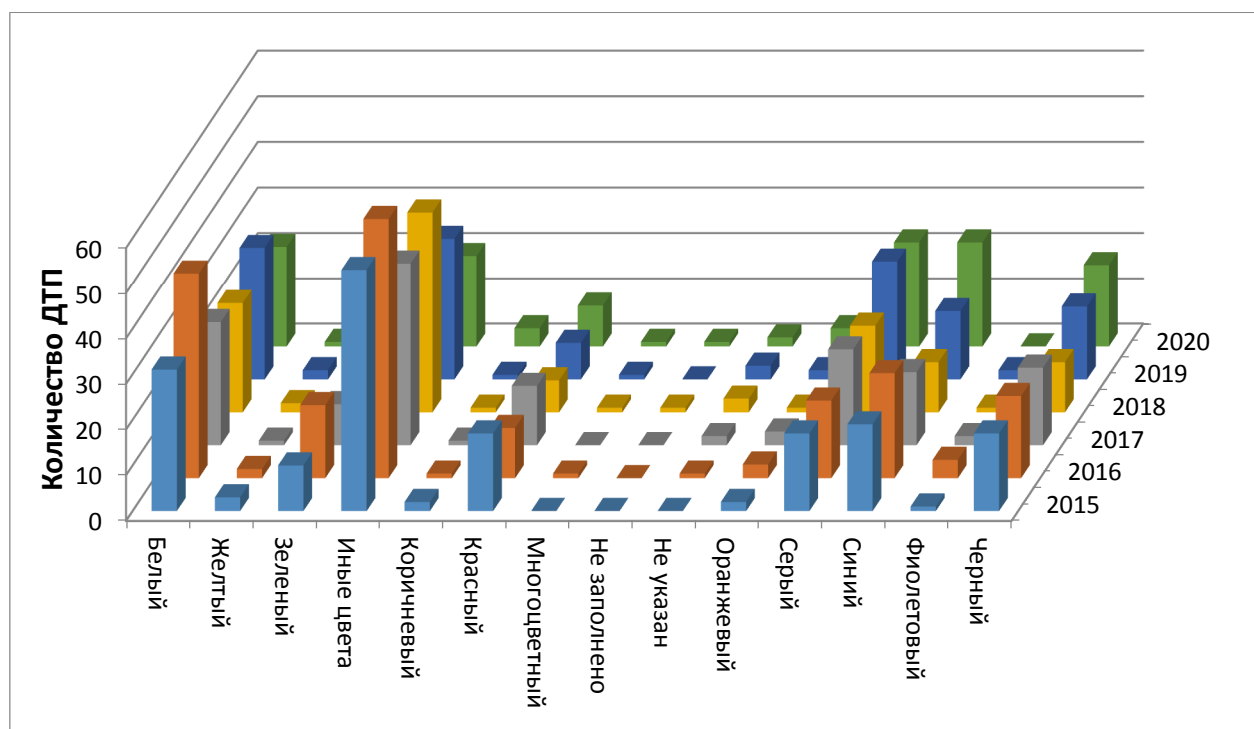


Рисунок 1.15 – Распределение по цветам автомобилей, участвовавших в ДТП в 2020 г.

Анализ графика показал, что наиболее часто попадающими в ДТП с погибшими были автомобили белого, серого, синего, черного и иных цветов. На автомобили белого цвета приходится 19% от общего количества ДТП с погибшими, серого цвета – 12,5%, черного цвета - 9,9 %, синего цвета 10,5%, что в сумме дает 52,3% от общего числа ДТП. Данные результаты можно оценивать двояко, белый цвет автомобилей является самым дешевым на рынке, и, соответственно, количество транспорта в данном цвете прогнозируемо больше в общем потоке, в то же время серые, черные и синие цвета относятся к плохо различимым на дороге, т.е. обладатели ярких цветов ТС имеют меньшую вероятность попадания в ДТП, за счет более раннего визуального определения источника угрозы. Однако, требуется рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Автомобиль» - показатели автомобиля виновника ДТП, представленные на рисунке 1.16.

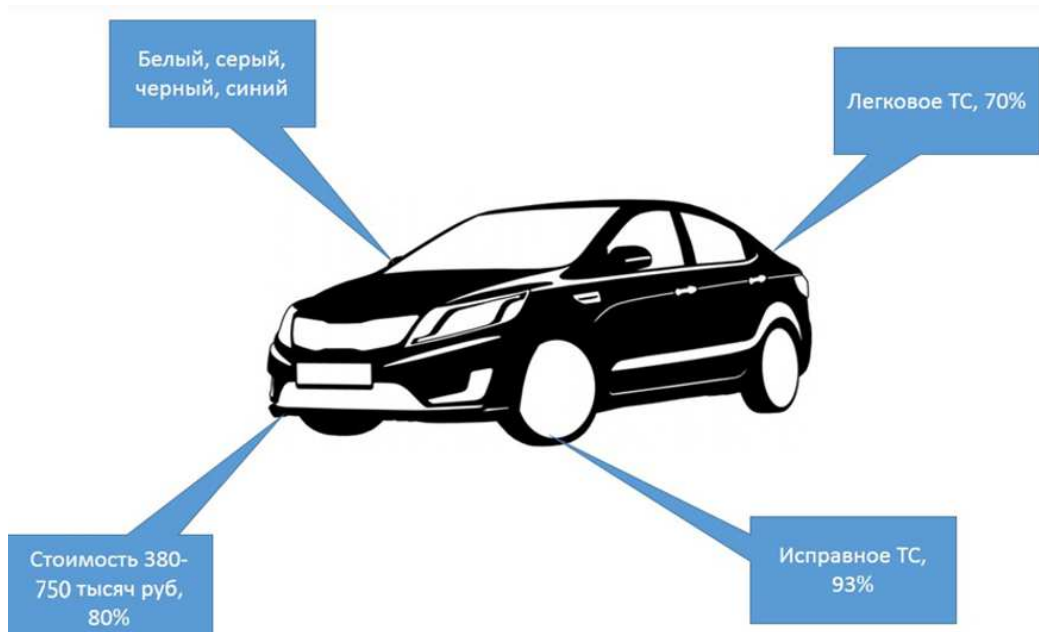


Рисунок 1.16 – Показатели автомобиля виновника ДТП

Таким образом, анализ составляющей системы ВАДС «Автомобиль» показал, что «портрет» автомобиля виновника ДТП с погибшими в 2020 году по Белгородской области принимает следующий вид: стоимостью от 380 до 750 тыс. рублей, вероятнее всего – белый, серый, черный или синий, с вероятностями 70% - легкой и 93 % исправный.

1.2.3 Влияние составляющей ВАДС «Дорога» на статистику ДТП

Далее необходимо рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС – это «Дорога» [14, 51 – 53], к ее параметрам необходимо отнести такие показатели, как: место совершения ДТП, населенный пункт, вне населенного пункта; НДУ ; объекты УДС на месте ДТП; объекты УДС вблизи места ДТП; факторы, которые имеют влияние на режим движения; состояние проезжей части; геометрические параметры дороги и т.д. [46 – 49].

Так как выше перечисленные параметры известны [98,99] и не требуют дополнительного изучения, был проведен дополнительный геоинформационный анализ с использованием ГИС систем и анализа спутниковых снимков с мест ДТП, геопривязанных проектов организации движения и дислокаций дорожных знаков и дорожной разметки, в ГИС систему были внесены данные всех ДТП за исследуемый промежуток времени 2015-2020 гг., представленные на рисунке 1.17 [92 – 94].

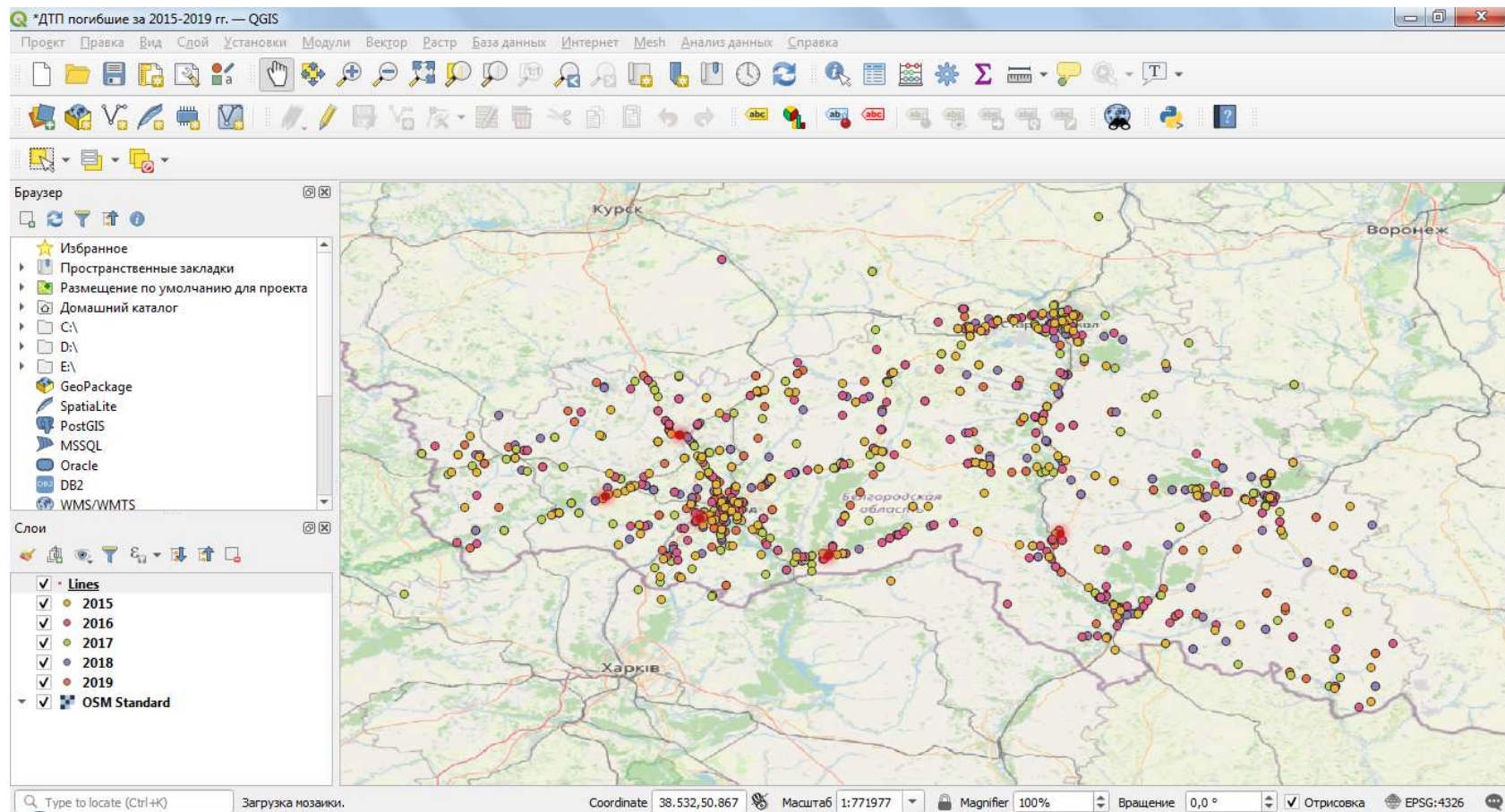


Рисунок 1.17 – Геоинформационная система с данными о ДТП с погибшими за 2015-2020 гг.

При проведении геоинформационного анализа с использованием ГИС систем и анализа спутниковых снимков с мест ДТП, геопривязанных проектов организации движения и дислокаций дорожных знаков и дорожной разметки, в ГИС систему, в фильтруемых полях программы располагаются все данные по учетным данным ДТП, в том числе и дорожным условиям, представленные на рисунке 1.18.

The screenshot shows a window titled 'Layer Properties — 2015 — Поля'. On the left is a sidebar with various tool icons and labels: Masks, 3D View, Диаграммы, Поля (selected), Attributes Form, Связи, Auxiliary Storage, Действия, Вывод, Отрисовка, Temporal, Переменные, Метаданные, Dependencies, and Легенда. The main area contains a table with the following data:

ID	Имя	Псевдоним	Тип	Type name	Длина	Точность	Комментарий
abc 26	Объе_5		QString	String	254	0	
abc 27	Факто		QString	String	254	0	
abc 28	Факт_1		QString	String	254	0	
abc 29	Факт_2		QString	String	254	0	
abc 30	Факт_3		QString	String	254	0	
abc 31	Состо		QString	String	254	0	
abc 32	Сост_1		QString	String	254	0	
abc 33	Сост_2		QString	String	254	0	
abc 34	Освещ		QString	String	254	0	
abc 35	Являе		QString	String	254	0	
abc 36	Доро_1		QString	String	254	0	
abc 37	Профи		QString	String	254	0	
abc 38	Колич		QString	String	254	0	
abc 39	Полос		QString	String	254	0	
abc 40	Ширин		QString	String	254	0	
abc 41	Шири_1		QString	String	254	0	

At the bottom of the dialog, there is a 'Стиль' dropdown menu and four buttons: 'ОК', 'Отмена', 'Применить', and 'Справка'.

Рисунок 1.18 – Данные, занесенные в геоинформационную систему

При этом требуется рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Дорога» - распределение по видам ДТП с погибшими и структура ДТП по ее видам за 2015-2020 гг. в Белгородской области, представленное на рисунке 1.19.

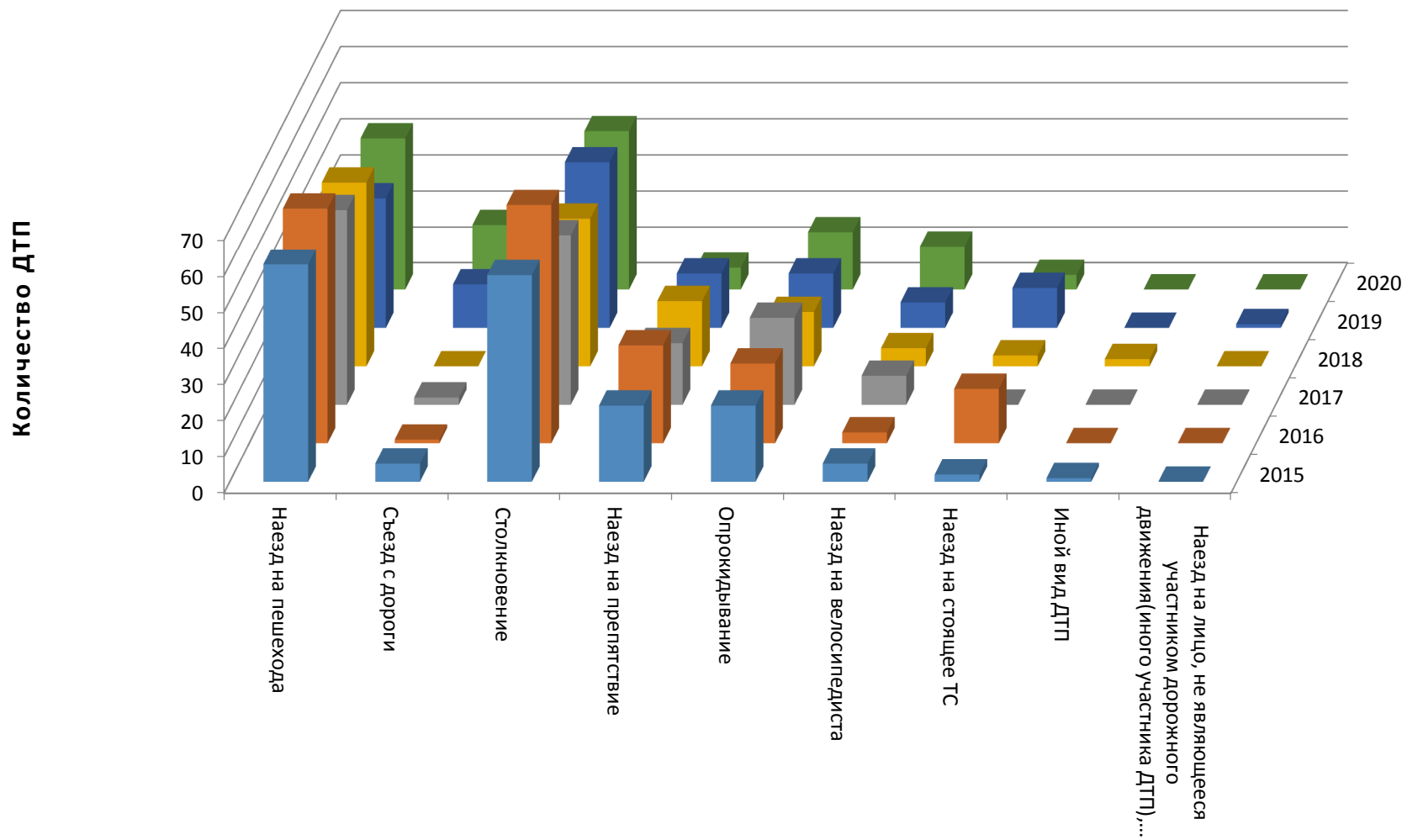


Рисунок 1.19 – Распределение по видам ДТП по годам

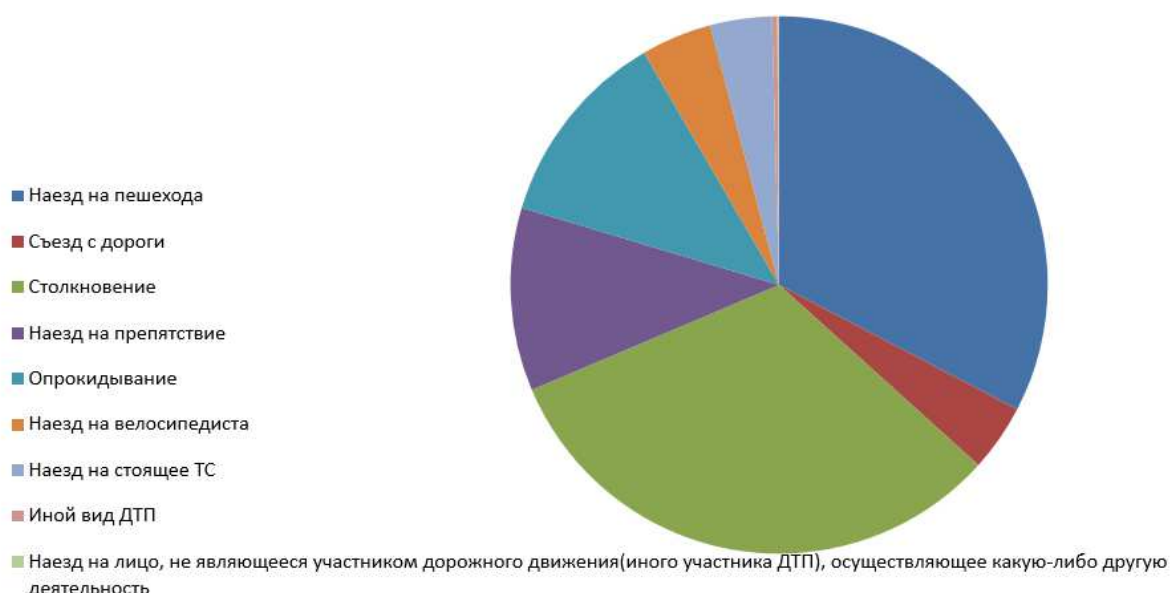


Рисунок 1.20 – Структура ДТП по видам за 2015-2020 гг.

Анализ представленных графиков показал, что основными видами ДТП являются: наезд на пешехода и столкновение, которые в сумме дают более 65% всех ДТП с погибшими, т.е. необходимо подробно изучить именно этих два вида ДТП, как наиболее часто происходящих, а также определить параметры, влияющие на возникновение данных видов ДТП с точки зрения транспортной инфраструктуры. Предлагается разделить данные ДТП на 2 большие категории, случившиеся на УДС населенного пункта и вне его, поскольку требования у транспортной сети сильно отличаются как по нормативным документам, так и характеристикам транспортного потока (СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений, ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств, ГОСТ Р 52766-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования).

Поэтому требуется рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Дорога» - основные факторы, относящиеся к дорожным условиям, при ранее высказанных ограничениях [35–38]. Данные факторы наглядно изображены на рисунке 1.21.

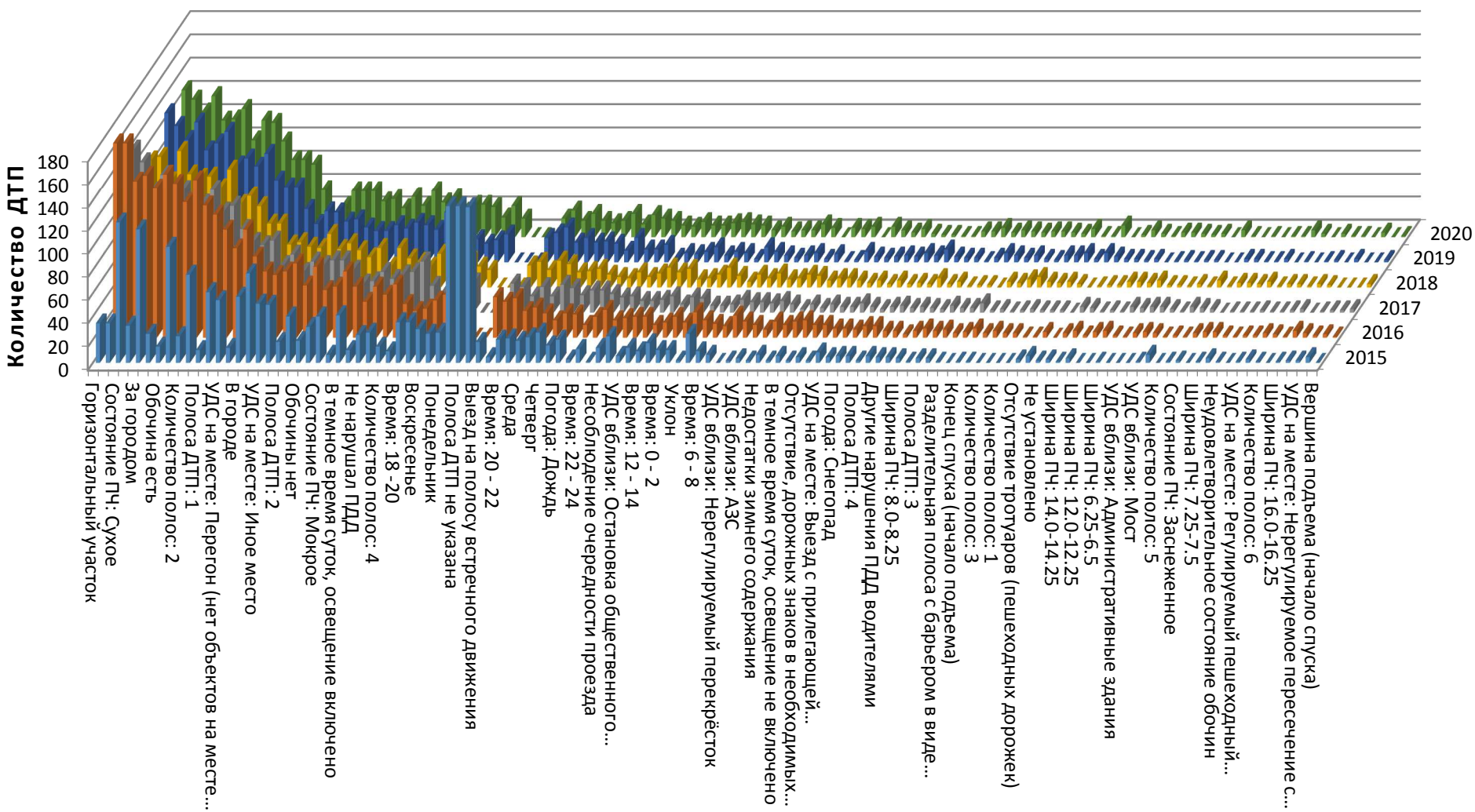


Рисунок 1.21 – Основные факторы, оказывающие влияние на ДТП с точки зрения транспортной инфраструктуры

Из представленного рисунка видно, что дорога находится в нормативном состоянии, имеет 2 и более полос движения, в 10 % случаев имеет освещение, ДТП произошло на прямолинейном участке и горизонтальном участке, при наличии обочины, отсутствии тротуара, отсутствии разделительной полосы, плохо читаемой разметке и перегоне. Таким образом, ДТП произошло в месте устоявшегося скоростного режима движения транспортного средства, когда водитель находится в «расслабленном» состоянии и не может отреагировать соответствующим образом на возникшую угрозу.

С целью анализа дополнительных факторов, в том числе возможных мест концентрации внимания водителя при движении по данным участкам, был проведен геоинформационный анализ подобных участков ДТП за 2020 г. по Белгородской области, данные были занесены в таблицу и на ее основании построены соответствующие графики (приложение А).

Однако вышеописанного анализа недостаточно, поэтому было проведено распределение ДТП с погибшими с наездами на пешеходов по всей протяженности прямолинейных участков и представлено на рисунке 1.22

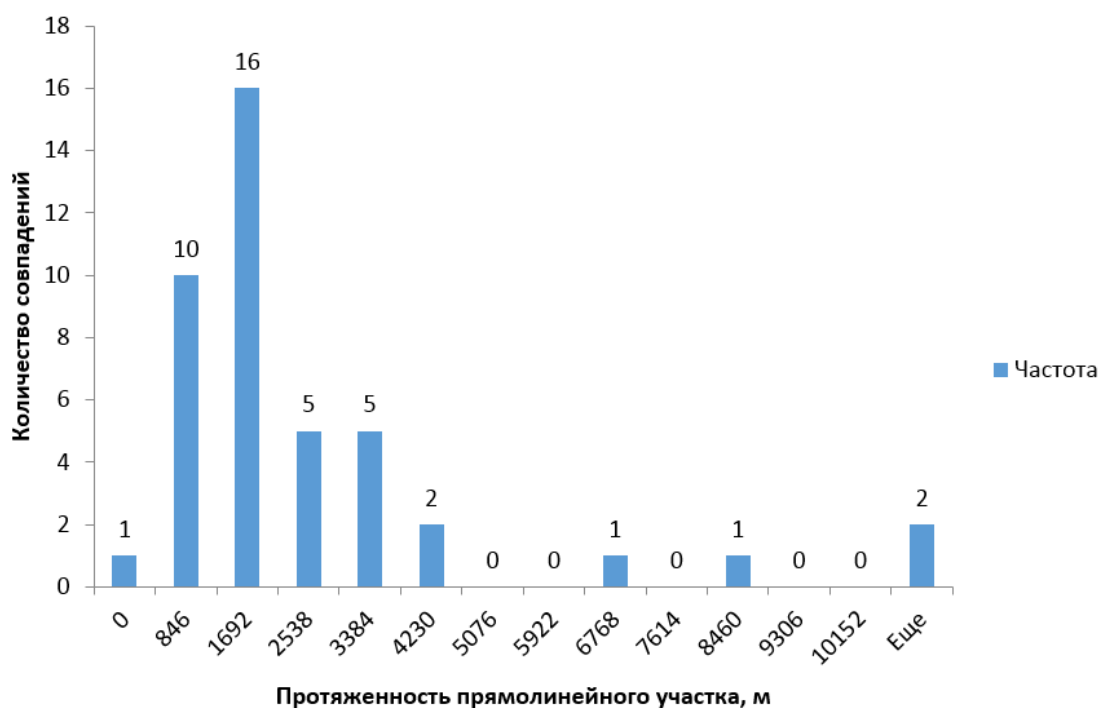


Рисунок 1.22 – Распределение ДТП с наездами на пешеходов по протяженности прямолинейных участков

Как видно из данного рисунка, наибольшей угрозой являются прямолинейные участки протяженностью 800-1700 м. Учитывая, что Белгородский регион не является на сегодня туристическим или транзитным (на 2020 г.), то можно говорить, что водители хорошо ориентируются на дороге и на данных участках снижают концентрацию внимания. То есть необходимо предусматривать меры по увеличению концентрации внимания водителей именно на таких участках.

Далее необходимо рассмотреть показатели, связанные с возможными местами концентрации внимания на данных участках, а также количество ДТП от протяженности прямолинейного участка и количества точек концентрации внимания с шагом 50 м. При этом участки необходимо разбить с шагом 25 м., т.е. 25, 50, 75, 100 и т.д., в этом параметре учитывается время реакции водителя в самых неблагоприятных условиях ≈ 1 с (25 м. при разрешенной скорости 90 км/ч). Показатели, связанные с возможными местами концентрации внимания на данных участках, а также количество ДТП от протяженности прямолинейного участка и количества точек концентрации внимания с шагом 50 м. представлены на рисунках 1.23 и 1.24



Рисунок 1.23 – Количество ДТП, при которых удаленность точек концентрации внимания находилась в заданном диапазоне удалений

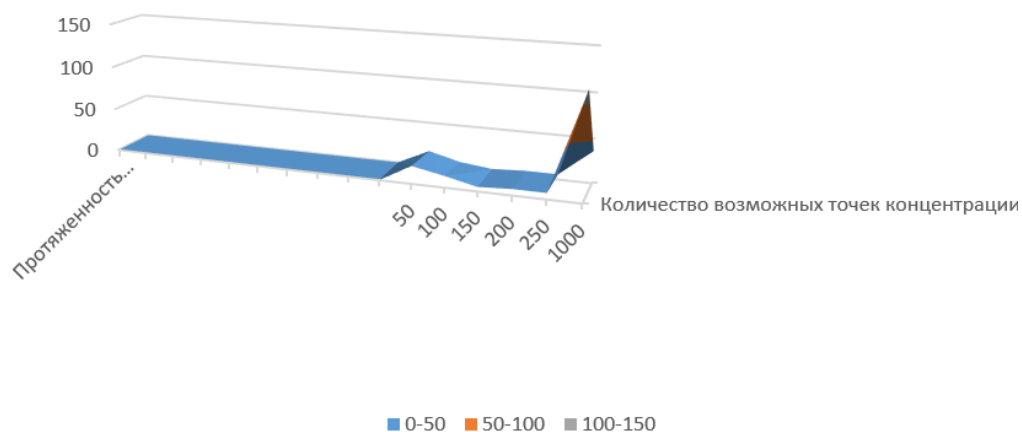


Рисунок 1.24 – Количество ДТП на протяженности прямолинейного участка и количества точек концентрации внимания с шагом 50 м.

Анализ графиков показал, что малонагруженные объекты с точки зрения интенсивности транспортного и пешеходного потока, устоявшихся маршрутов движения личного транспорта не оказывают существенного влияния на момент возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Для подтверждения данного вывода был проведен геоинформационный анализ все точек ДТП с погибшими за 2020 г. в Белгородской области (приложение Б).

Однако для оценки количества участков дорожной сети, где произошли ДТП с погибшими, участия пешехода и определения сложности, был проведен анализ и данные сведены в таблицу 1.3 и изображены на рисунке 1.25.

Таблица 1.3 Количество участков дорожной сети, где произошли ДТП с погибшими, с участием пешехода и определение степени сложности

Участок УДС по сложности m	Количество участков	Процент от общего числа ДТП
0 - простой	23	69,70
26 - простой	4	12,12
52 – средней сложности	1	3,03
186 – очень сложный	1	3,03
262 – очень сложный	1	3,03
48 – средней сложности	2	6,06
14 - простой	1	3,03
Сумма	33	100,00

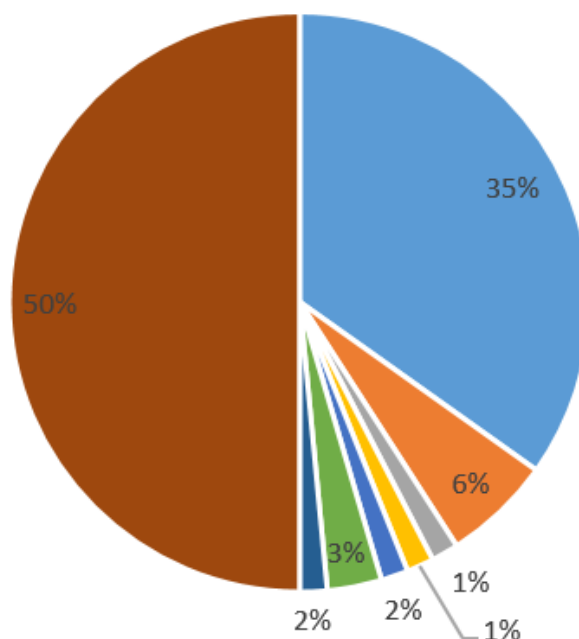


Рисунок 1.25 – Сложность участка УДС в точке ДТП с участием пешехода:

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| ■ 0 - простой | ■ 26 - простой | ■ 52 – средней сложности |
| ■ 186 – очень сложный | ■ 262 – очень сложный | ■ 48 – средней сложности |
| ■ 14 - простой | ■ | |

Анализируя таблицу и рисунок, можно сделать вывод, что 84,9% всех участков УДС, на которых происходят ДТП с погибшими с участием пешехода, относятся к простым, т.е. именно простые участки необходимо особо учитывать при разработке мероприятий по снижению социальных рисков от ДТП вне населенного пункта.

Однако также необходимо рассмотреть ДТП с погибшими и наезд на пешехода в пределах населенного пункта. Для наглядности приведен общий вид распределения факторов по ДТП с участием пешеходов в пределах населенного пункта на рисунке 1.26.

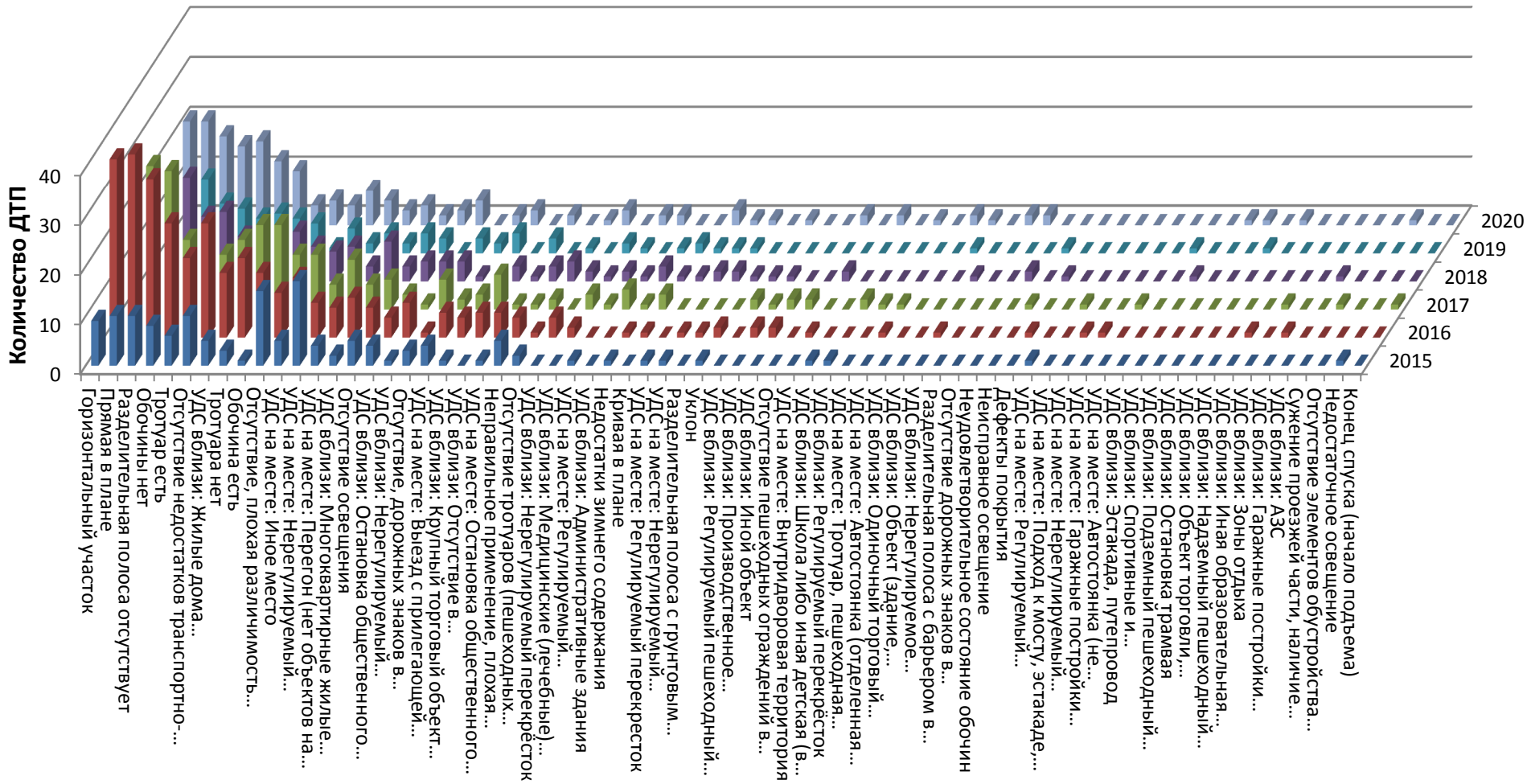


Рисунок 1.26 – Распределение факторов при наезде на пешехода на территории населенного пункта

Анализируя рисунок, можно сделать вывод, что участки мест концентрации ДТП с погибшими имеют те же характеристики, что и полученные в анализе дороги вне населенного пункта.

Для более подробного описания было проведено процентное распределение частоты встречаемых факторов в ДТП с наездом на пешехода в населенном пункте, представленное на рисунке 1.27.





Рисунок 1.27 – Процентное распределение частоты встречаемых факторов в ДТП с наездом на пешехода в населенном пункте

Анализ показал преимущественное значение прямолинейного горизонтального участка, с 2-4 полосами движения, нерегулируемого пешеходного перехода. Таким образом, при математическом моделировании необходимо

сконцентрировать внимание на участках УДС, обладающих данными характеристиками.

Проведенный геоинформационный анализ и расчет сложности участков УДС с местами концентрации ДТП с погибшими в г. Белгороде за 2020 г. представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Геоинформационный анализ и расчет сложности участков УДС с местами концентрации ДТП с погибшими в г. Белгороде за 2020 г.

Место	Долгота	Широта	Снимок	Коэффициент сложности пересечения
1	36.559249	50.568513		62 – средней сложности
2	36.571963	50.633812		262 – очень сложный
3	36.561277	50.564138		6 - простой
4	36.578915	50.600081		9 - простой

Из представленной таблицы видно, что из 4 мест концентрации ДТП, только одно является очень сложным, одно средней сложности, остальные простые пересечения. Это говорит о том, что основными зонами являются простые с точки зрения ориентирования и видимости участки УДС.

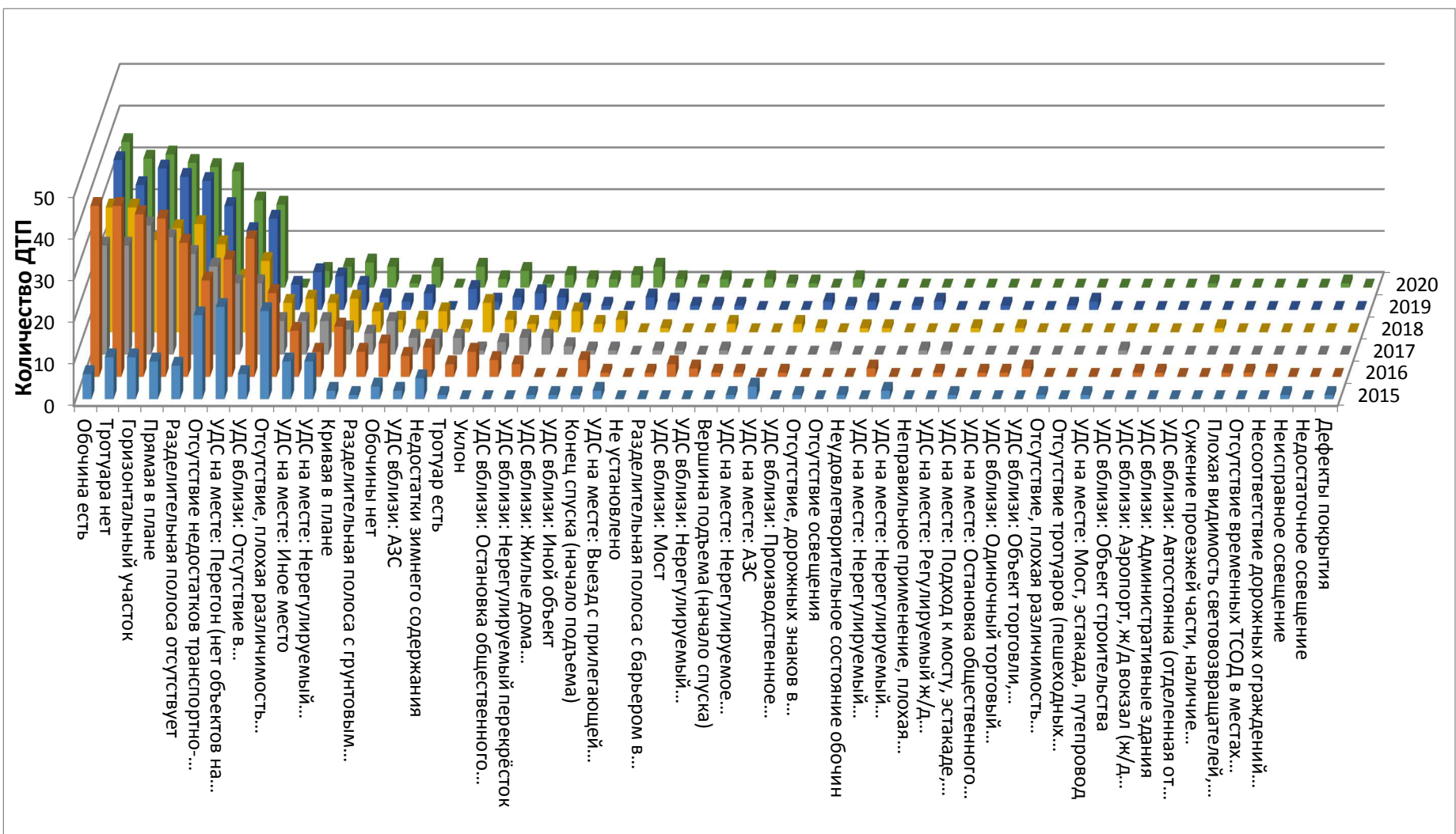


Рисунок 1.28 – Факторы, оказывающие влияние на ДТП с погибшими за территорией населенного пункта

Для более подробного изучения необходимо рассмотреть аналогичным образом структуру ДТП по столкновениям. При этом будет применяться тот же отсекающий показатель в 10%, что и ранее примененный к анализу статистики ДТП по наезду на пешеходов с погибшими. При общем количестве столкновений с погибшими 202, таких ДТП будет за исследуемый период не более 20. Был проведен анализ и выполнено распределение столкновения за городом и в населенном пункте, представленное на рисунке 1.28.

При рассмотрении процентных показателей участия данных факторов, график представлен в следующем виде (рисунок 1.29).

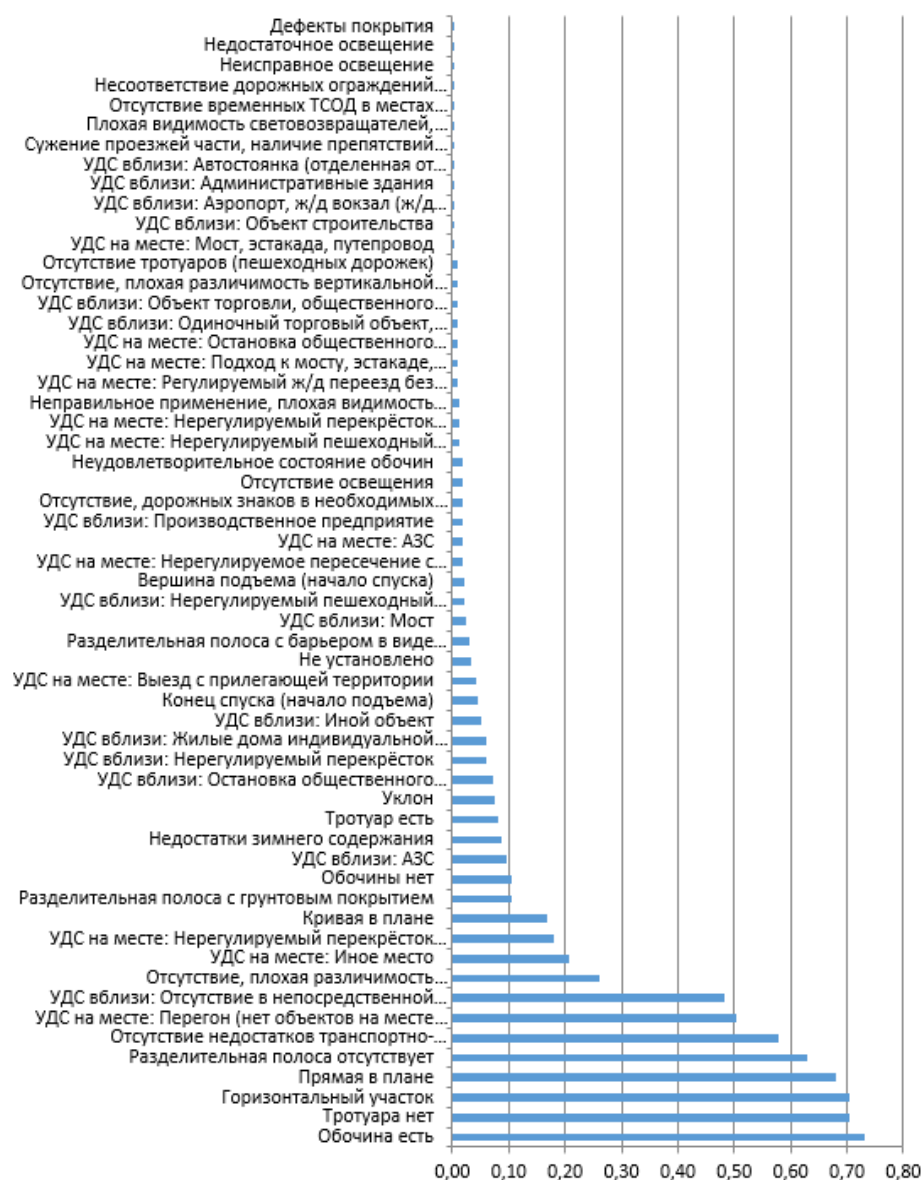


Рисунок 1.29 – Процентное соотношение факторов, сопутствующих ДТП при столкновении за период 2015-2020 гг.

Как видно из данного графика, наибольшее количество ДТП с погибшими совершалось на прямых в плане участках дороги, на дорогах с 2-4 полосами, предназначенными для движения, на перегонах, дороге, находящейся в нормативном состоянии, без разделительной полосы, с отсутствием точек привлечения внимания на участке, при этом значительную долю в столкновениях играет выезд на полосу встречного движения. Все это подтверждает ранее полученные данные по ДТП с наездом на пешеходов, за исключением ДТП с выездом на полосу, предназначенную для встречного движения. Далее был проведен анализ количества полос движения при лобовых столкновениях с точки зрения выявления наиболее опасных дорог. Результаты данного анализа за 2015-2020 гг. представлены на рисунке 1.30.

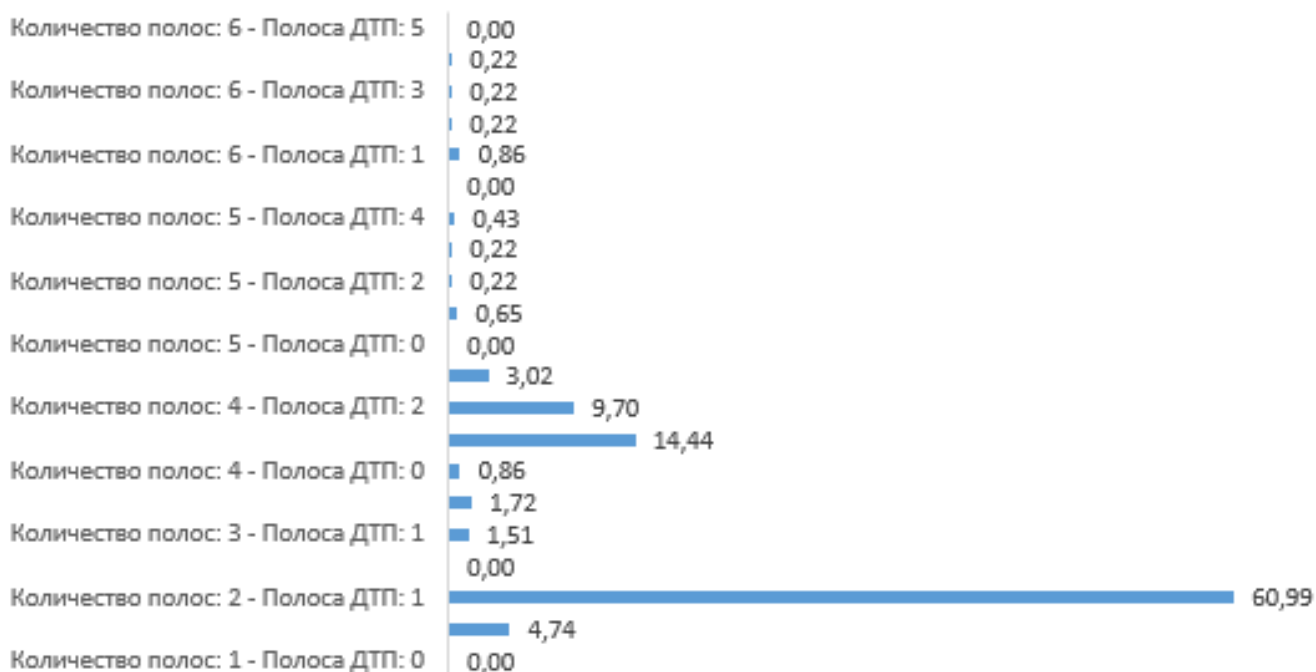


Рисунок 1.30 – Процентное распределение ДТП – столкновение с выездом на встречную полосу за 2015-2020 гг.

Как видно из представленного рисунка наиболее опасными являются участки дороги с 2-мя полосами, предназначенными для движения, суммарная доля таких участков составляет 65,7% от общей протяженности рассматриваемых дорог, 4-полосное - 27,2% от общей протяженности рассматриваемых дорог. То есть наибольшему вниманию с точки зрения эффективности принимаемых мероприятий

необходимо уделять двухполосным дорогам с прямолинейным и горизонтальным профилем, а также на перегонах. Одним из возможных методов ограничения скорости является установка делинаторов «пачками» через определенные расстояния, что позволит точно контролировать зоны въезда и выезда для обгона, а также расстояние между ними можно выбирать исходя из установленной скорости движения на данном участке.

То есть с точки зрения транспортной инфраструктуры и дороги составляющая ВАДС может быть описана инфографикой, представленной на рисунке 1.31.

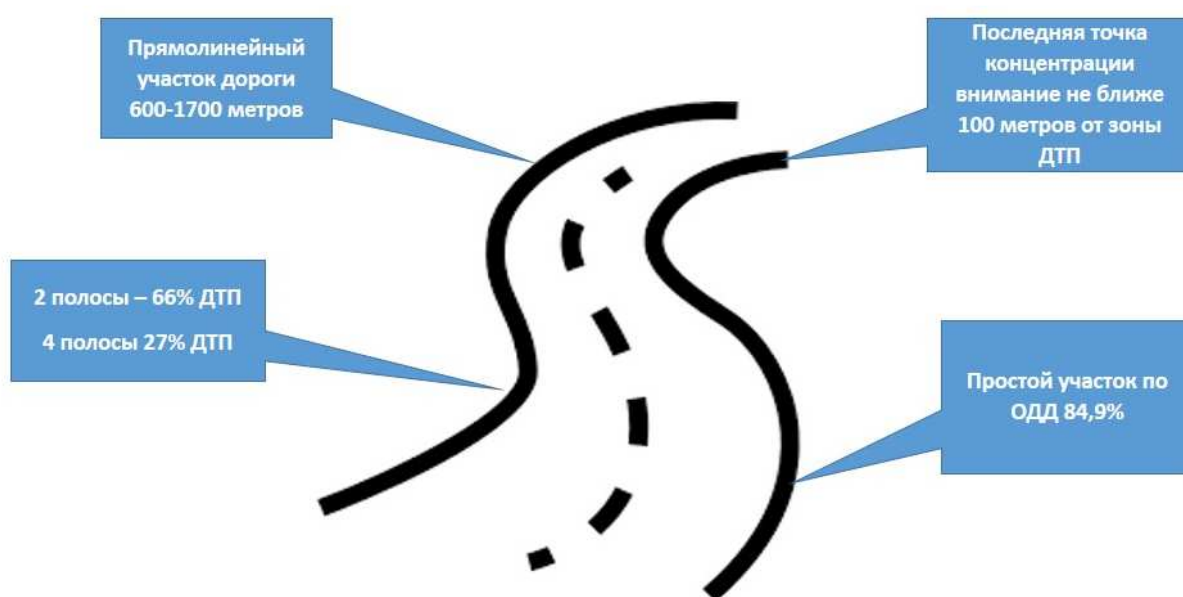


Рисунок 1.31 – Составяющая системы ВАДС «Дорога» с основными параметрами, влияющими на ДТП

Таким образом, анализ составяющей системы ВАДС «Дорога» показал, что «портрет» дороги принимает следующий вид: прямолинейный участок дороги протяженностью 600-1700 м., вероятнее всего – 2 – полосный, с вероятностью 66%, 4 – полосный с вероятностью 27%, последняя точка концентрации внимания не ближе 100 м. от зоны ДТП, простой с точки зрения организации дорожного движения участок с вероятностью 84,9%.

1.2.4 Влияние составляющей ВАДС «Среда» на статистику ДТП

Далее необходимо рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС – это «Среда» [32,33], к ее параметрам необходимо отнести такие показатели, как: время суток, в которое произошло ДТП; состояние проезжей части; климатические условия; день недели.

Первым рассматриваемым параметром составляющей системы ВАДС «Среда», является распределение факторов «Среда» при ДТП с погибшими, с участием пешехода за городом, представленное на рисунке 1.32.

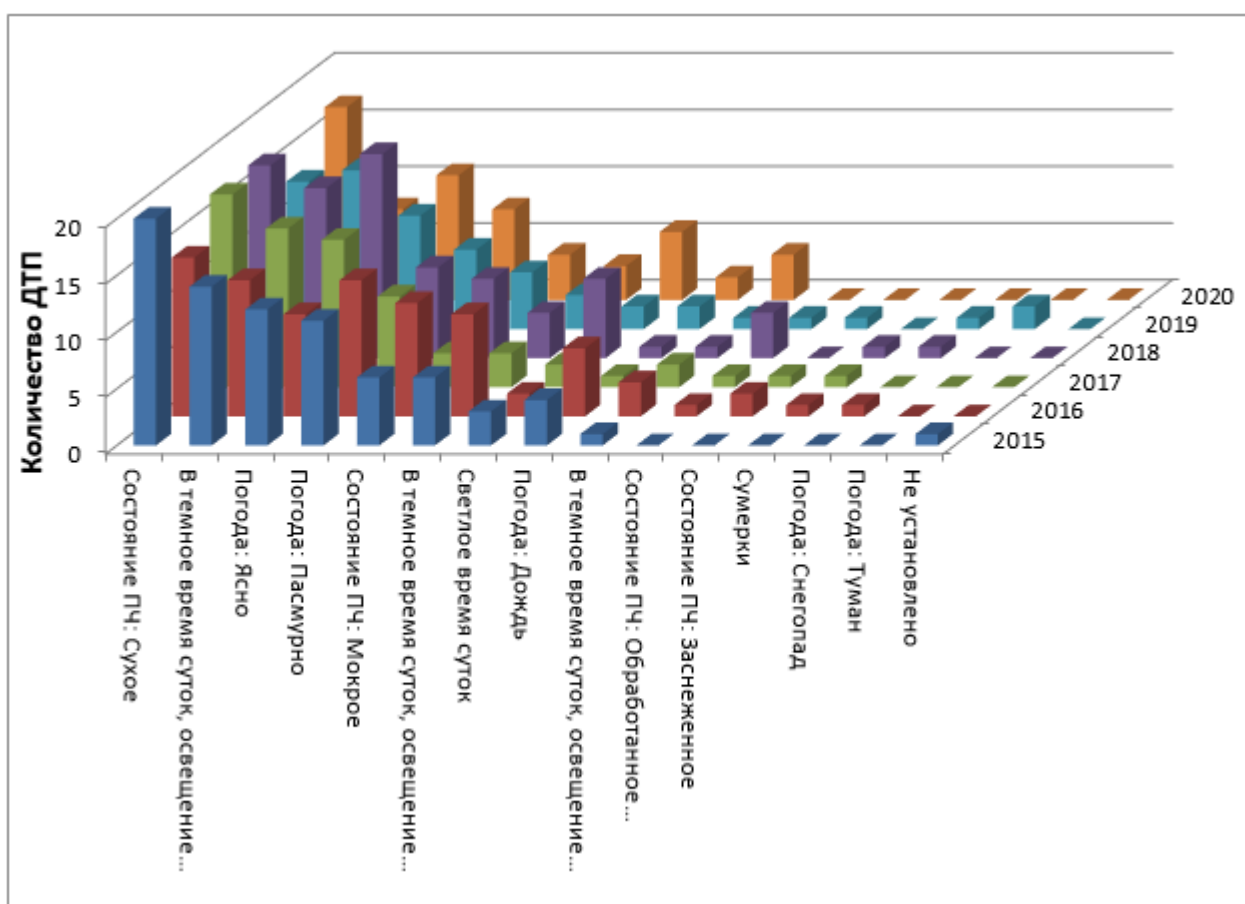


Рисунок 1.32 – Распределение факторов «Среда» при ДТП с погибшими, с участием пешехода за городом

При этом общее количество совпадений в процентах примет следующий вид, представленный на рисунке 1.33.



Рисунок 1.33 – Распределение факторов элемента «Среда» при ДТП с погибшими, с участием пешехода за городом за весь исследуемый период 2015-2020 гг.

Как видно из представленного графика, основными (>10%) являются факторы, представленные в таблице 1.5

Таблица 1.5. Факторы составляющей ВАДС «Среда» при ДТП с погибшими, с участием пешехода за городом

Фактор	Процент совпадений, %
Состояние ПЧ: Сухое	65,85
В темное время суток, освещение отсутствует	56,10
Погода: Ясно	50,41
Погода: Пасмурно	37,40
Состояние ПЧ: Мокрое	25,20
Суббота	24,39
Время: 20 - 22	22,76
Время: 18 -20	22,76
В темное время суток, освещение включено	20,33
Понедельник	17,89
Воскресенье	17,07
Четверг	13,01
Светлое время суток	13,01
Время: 22 - 24	13,01
Время: 16 - 18	12,20
Пятница	11,38

Как видно из представленного графика и таблицы, наибольшее количество данного вида ДТП случается в вечерние часы с 18-24 часов (70,7%), в выходные или предвыходные дни недели (52,9%), ясную или пасмурную погоду (87,8%), при этом в 69% случаев - освещение отсутствует. Исходя из этого, можно говорить о том, что водитель находится в уставшем или очень расслабленном состоянии, при этом погода существенного влияния не оказывает, как и состояние дорожного покрытия, только 25% всех ДТП происходит на «мокрой» покрытии.

Далее необходимо рассмотреть следующую составляющую системы ВАДС «Среда» параметр при наезде на пешехода в черте населенного пункта, представленный на рисунке 1.34.

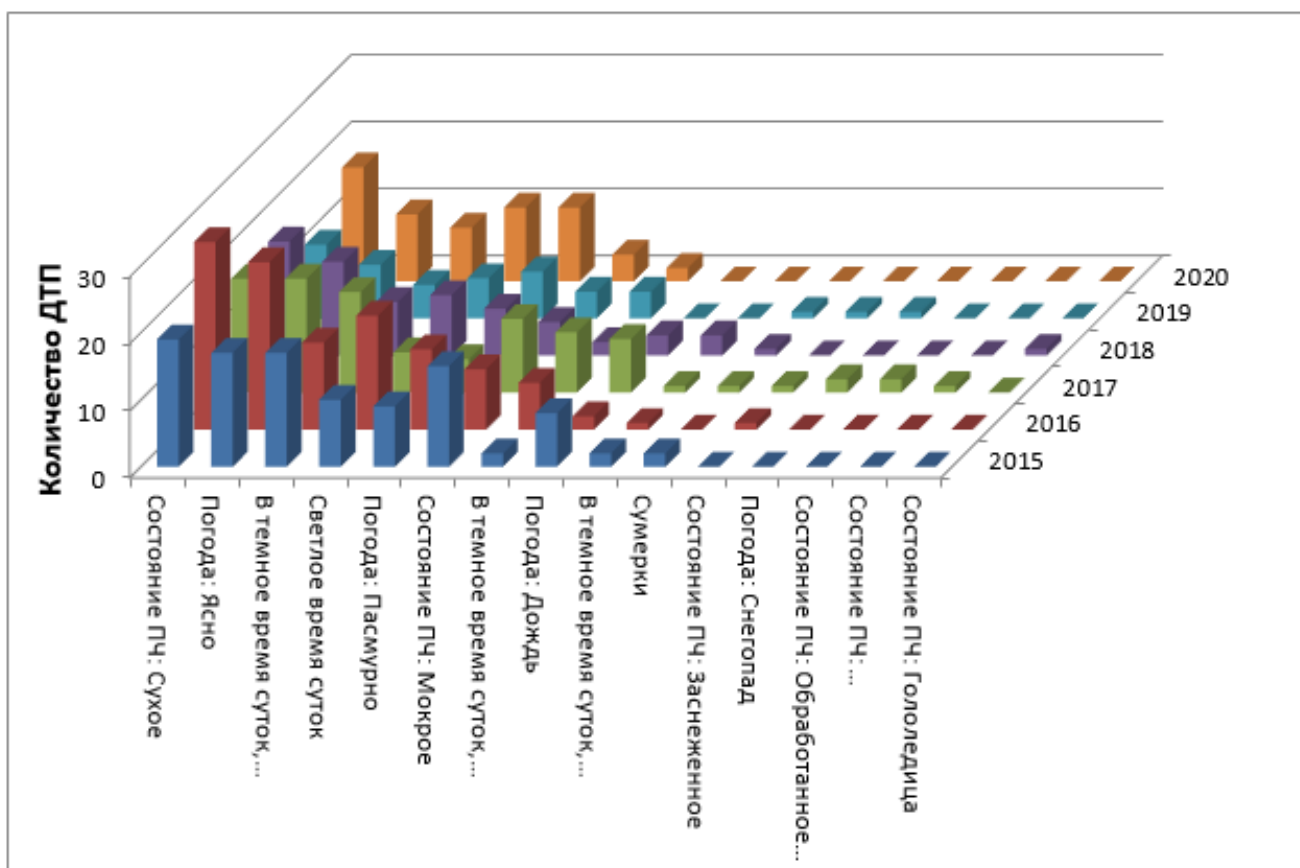


Рисунок 1.34 – Количество совпадений при ДТП с участием пешехода в черте населенного пункта по фактору «Среда»

Для более наглядного представления данных параметров был представлен график в процентном соотношении, изображенный на рисунке 1.35.

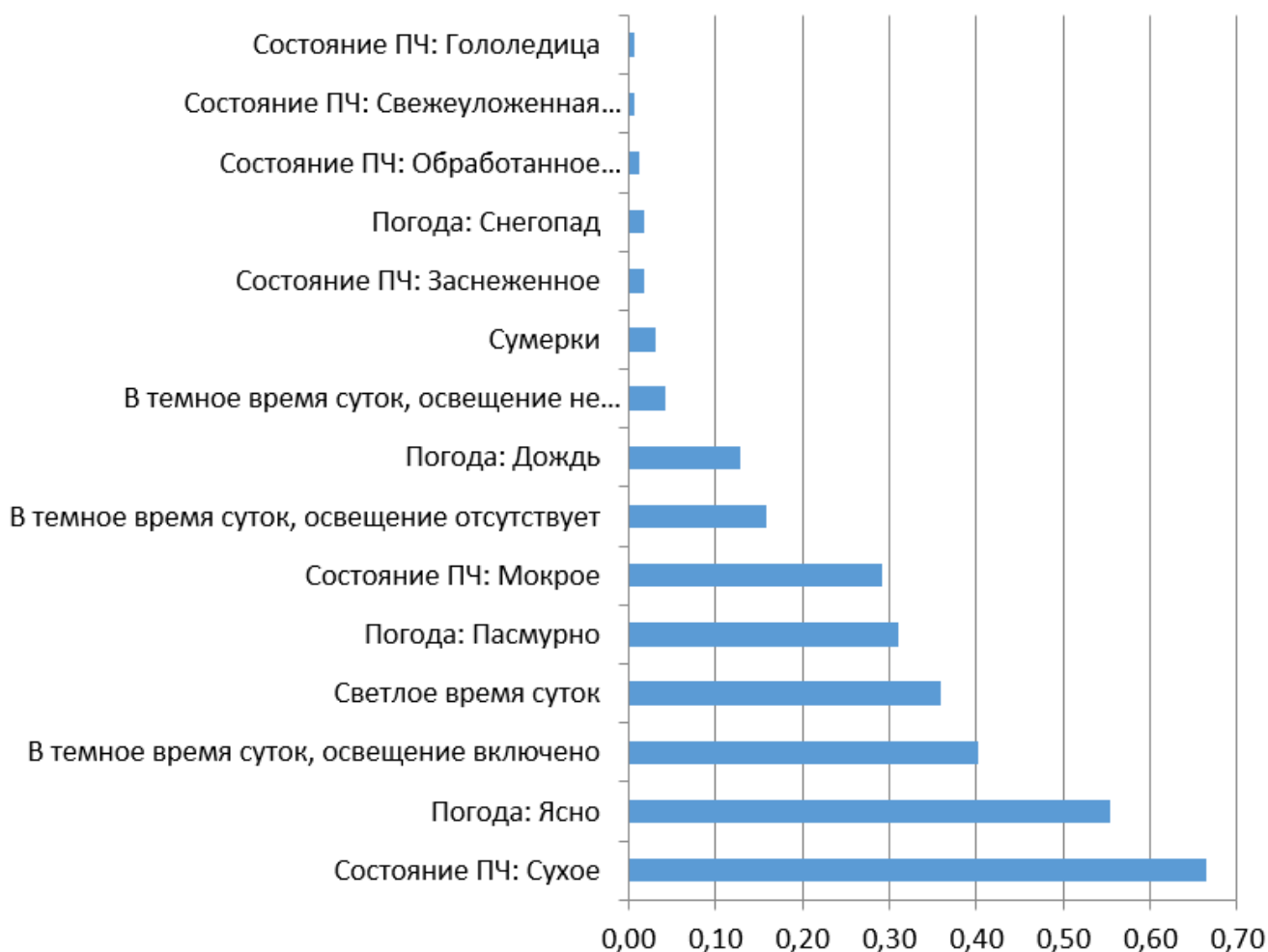


Рисунок 1.35 – Процент совпадений факторов при ДТП с участием пешехода в черте населенного пункта по фактору «Среда»

Как видно из данного графика, наблюдается изменение тенденции по дням недели, т.е. из выходных дней присутствует только суббота, а доля рабочих дней составляет 66%, это говорит о значительном трафике пешеходов и автомобилей в точке конфликта. Доля вечерних ДТП (с 18 до 24 часов) так же велика и составляет 48,3%, но значительно меньше, чем за территорией населенного пункта. В населенном пункте водитель и пешеход более сконцентрированы. В ясную и пасмурную погоду происходит 84% всех ДТП с участием пешеходов, т.е. на осадки, соответственно, относится только 16% от общего количества ДТП. Эта цифра говорит о том, что во время выпадения осадков водители и пешеходы более

сконцентрированы и допускают меньшее количество конфликтов. Темное время суток не оказывает существенного влияния, практически 57% происходит в это время суток и, соответственно, 43 % в светлое время суток, при этом на освещенных дорогах таких ДТП больше на 30%, это говорит о большей концентрации внимания или меньшем количестве не освещенных участков на всей улично-дорожной сети.

Далее необходимо рассмотреть следующий вид ДТП - это столкновение по фактору ВАДС «Среда» за чертой населенного пункта, представленное на рисунке 1.36.

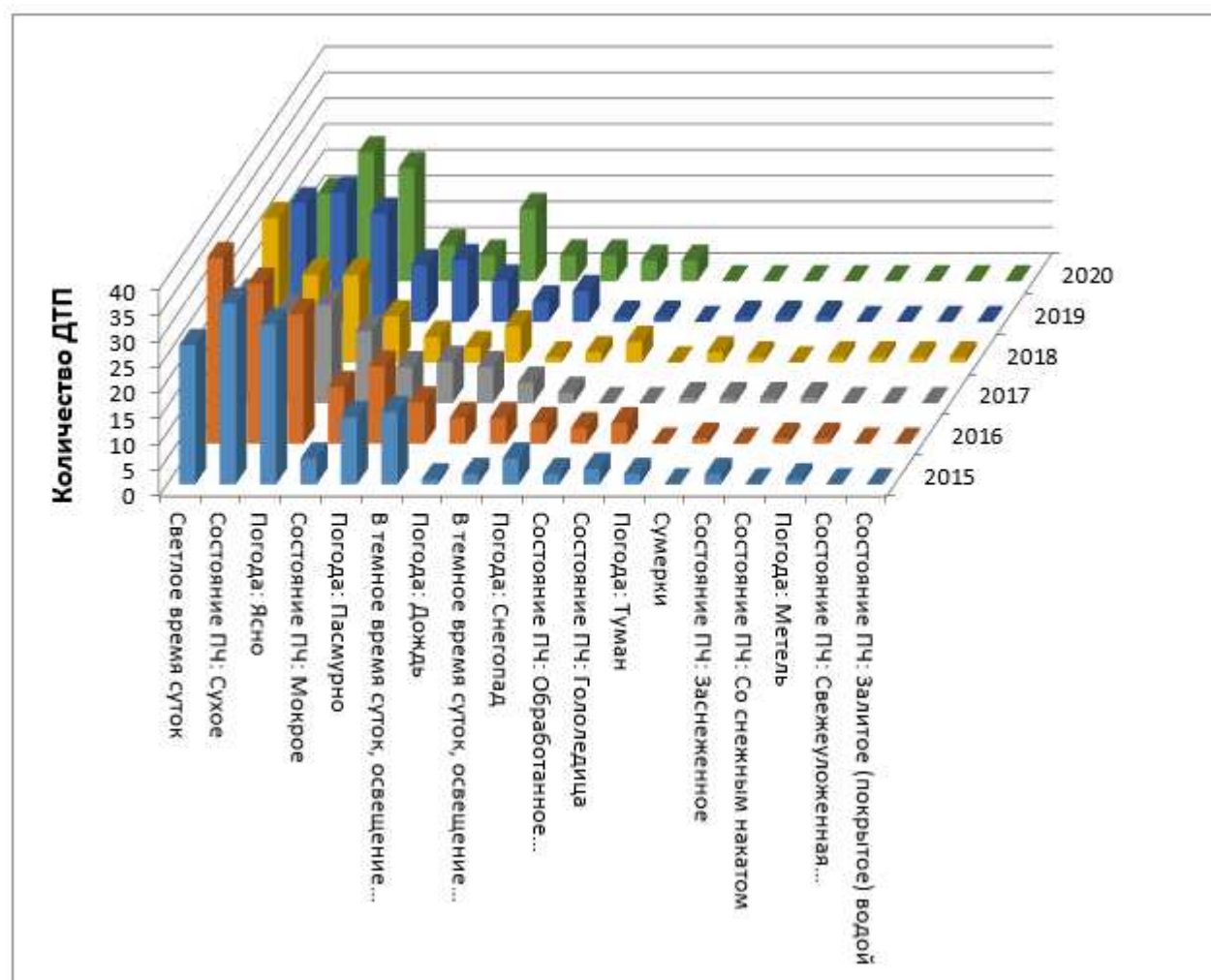


Рисунок 1.36 – Количество совпадений факторов при ДТП - столкновение за чертой населенного пункта по фактору «Среда»

При этом процент совпадений факторов при ДТП - столкновение за чертой населенного пункта по фактору «Среда» представлен на рисунке 1.37.

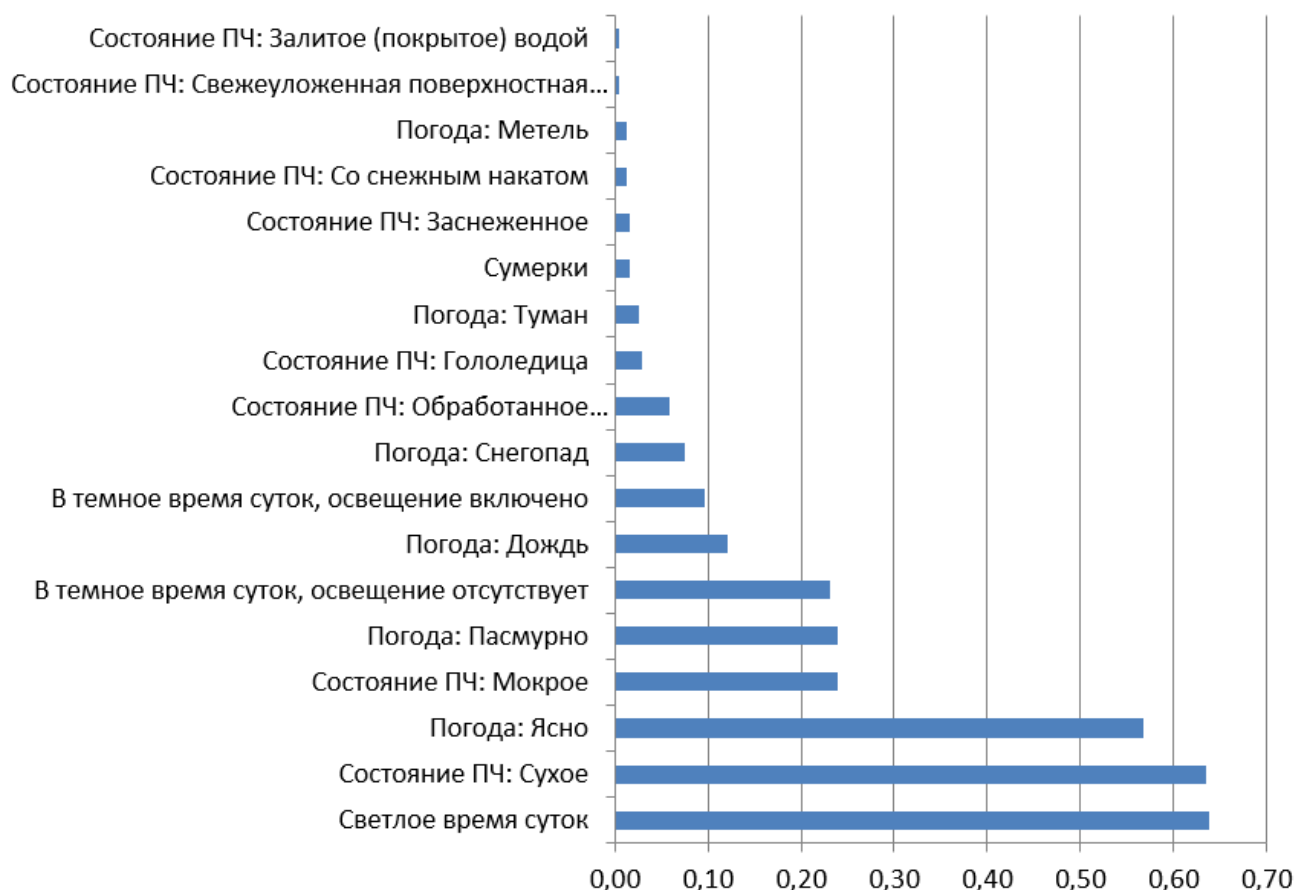


Рисунок 1.37 – Процент совпадений факторов при ДТП - столкновение за чертой населенного пункта по фактору «Среда»

Как видно из данного графика, день недели не оказывает существенного влияния, происходит размытие данного параметра, количество в рабочие и выходные дни колеблется в пределах от 12 до 16%, что говорит о равномерности влияния данного параметра. При этом в рабочее время с 8 до 18 часов происходит 49% всех ДТП подобного рода, т.е. время так же не оказывает существенного влияния на данный вид ДТП. Учитывая, что 81,9% всех ДТП произошли в сухую ясную или пасмурную погоду, т. е. обеспечивалась отличная видимость, фактор «Среда» не существенно оказывает влияние на данный вид ДТП за чертой населенного пункта.

Однако необходимо рассмотреть аналогичный вид ДТП внутри населенного пункта, представленный на рисунке 1.38.

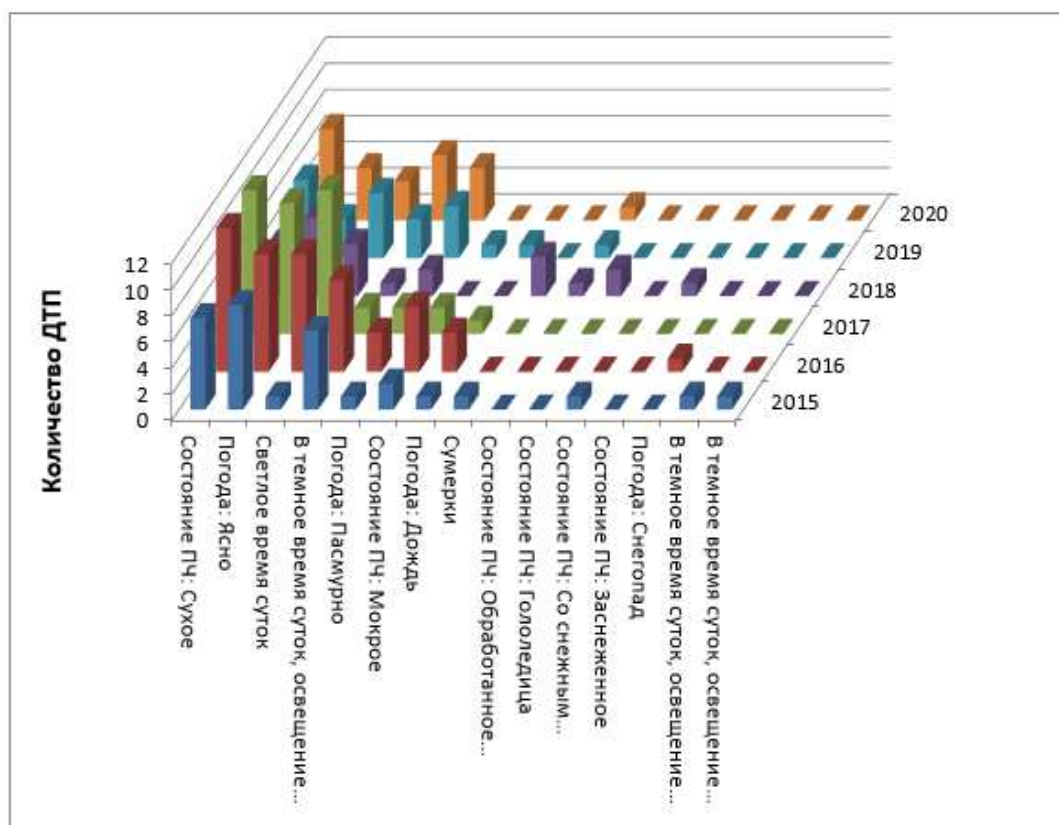


Рисунок 1.38 – Количество совпадений факторов при ДТП - столкновение внутри населенного пункта по фактору «Среда»

При этом процент совпадений факторов при ДТП - столкновение в черте населенного пункта по фактору «Среда» представлен на рисунке 1.39.

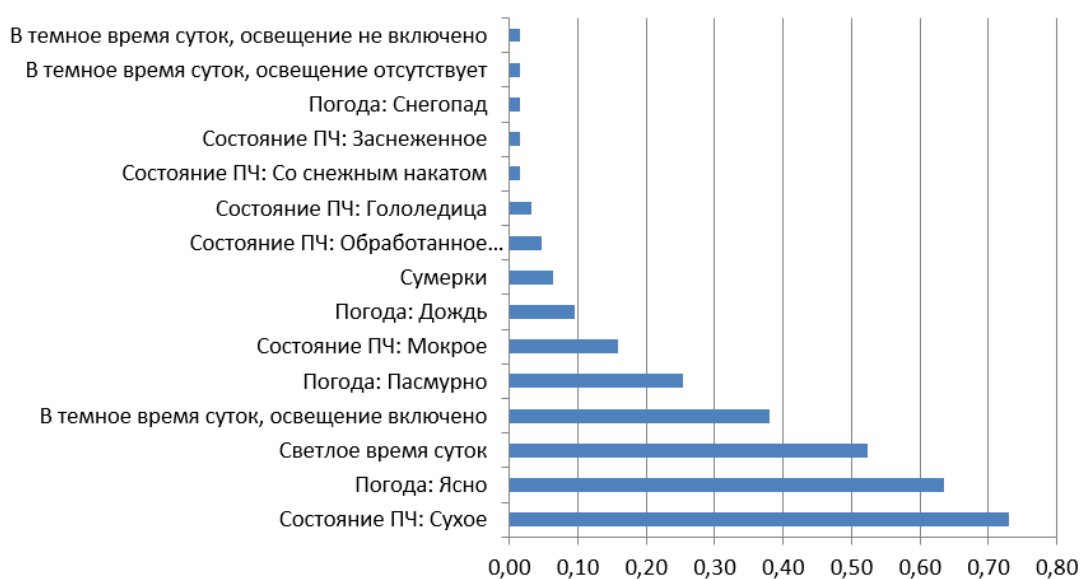


Рисунок 1.39 – Процент совпадений факторов при ДТП - столкновение в черте населенного пункта по фактору «Среда»

Как видно из представленных рисунков, время суток не оказывает существенного влияния на данный вид ДТП, этот показатель колеблется в пределах 12-18% в различные промежутки времени, можно говорить только о том, что наибольший риск приходится на послеобеденное и вечернее время. В то же время большинство ДТП - 76% происходит при хорошем состоянии проезжей части и при хорошей видимости, т.е. влияние фактора «Среда» с точки зрения негативных явлений отсутствует.

Исходя из ранее описанных причин можно говорить об ограниченном влиянии фактора «Среда» системы ВАДС, за исключением ДТП вне населенного пункта с участием пешеходов, где явно прослеживается наиболее опасный временной интервал времени с 18 до 24 часов.

1.3 Выводы по главе

1. На автомобильных дорогах общего пользования в Российской Федерации в 2020 г. произошло 47 986 ДТП, что составляет 33,1% от всех происшествий. В городах и населённых пунктах в этом же году произошло 42 426 ДТП, в которых 3256 человек погибло и 52 090 человек получили ранения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что значительная часть происшествий совершается в населённых пунктах и на участках улично-дорожной сети (УДС).

2. Установлено, что у составляющей системы ВАДС «Водитель» «портрет» виновника ДТП с погибшими имеет следующий вид: управляет автомобилем стоимостью от 380 до 750 тыс. рублей, вероятнее всего – мужчина, со стажем управления автомобилем 5-10 лет, самозанятый или наемный работник, в возрасте от 26 до 46 лет, который нарушает ПДД 1-2 раза в месяц.

3. Выявлено, что у составляющей системы ВАДС «Автомобиль», «портрет» автомобиля виновника ДТП с погибшими в 2020 г. по Белгородской области имеет следующий вид: автомобиль стоимостью от 380 до 750 тыс. рублей, вероятнее всего белого, серого, черного или синего цвета, с вероятностями 70% - легковой и 93 % исправный.

4. Проанализировано, что у составляющей системы ВАДС «Дорога», «портрет» дороги, на котором происходит ДТП с погибшими, принимает следующий вид: прямолинейный участок дороги протяженностью 600-1700 м., вероятнее всего – 2 – полосный, с вероятностью 66%, 4 – полосный с вероятностью 27%, последняя точка концентрации внимания не ближе 100 м. от зоны ДТП, простой с точки зрения организации дорожного движения участок с вероятностью 84,9%.

5. Установлено, что фактор «Среда» системы ВАДС имеет ограниченное влияние, за исключением ДТП вне населенного пункта с участием пешеходов, где явно прослеживается наиболее опасный временной интервал времени с 18 до 24 часов.

ГЛАВА 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП НА УЧАСТКАХ УДС

Как показал проведенный анализ статистики дорожно-транспортных происшествий, момент возникновения аварийной ситуации описывается с большой долей вероятности, целым рядом параметров системы «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда». Однако необходимо определить или разработать методику выявления наиболее опасных с точки зрения ДТП участков улично-дорожной сети и разработать алгоритмы действий по их устранению. Для этого необходимо рассмотреть существующие методы и методики оценки опасности участков УДС, а также провести оценку их эффективности на реальных объектах улично-дорожной сети г. Белгорода и Белгородской области.

2.1 Метод итоговых коэффициентов аварийности

В настоящее время используется несколько методов для выполнения анализа транспортных рисков. Метод, который в основном применяется в большинстве случаев, получил название «итогового коэффициента аварийности» (K_{um}), предложенный В.Ф. Бабковым [7, 54].

Данный метод используется для решения задач по безопасности дорожного движения на стадии проектирования дорог или улично-дорожной сети населенного пункта с целью снижения вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий. При этом в нем предусматривается целый набор мероприятий и связанных с повышением эффективности функционирования пересечений с наличием концентраторов ДТП.

Итоговое значение коэффициента аварийности определяется как перемножение рядов чисел (частных коэффициентов аварийности K_i) друг на друга. В то же время каждый частный коэффициент является результатом деления количества совершенных ДТП при реальных дорожных условиях на число ДТП, происходящих в идеальных условиях. Каждый из рассматриваемых коэффициентов K_i показывает

реальные условия дороги общего пользования или улично-дорожной сети, такие, как геометрические параметры или иные показатели.

$$K_{\text{авар}} = \prod_{i=1}^{i=n} K_i \quad (2.1)$$

где K_i – частные коэффициенты, которые являются производными аварийности от показателей статистики ДТП и имеющие определенное воздействие на безопасность движения, такие, как: геометрические параметры УДС и транспортный поток;

n – число частных коэффициентов, характеризующих уровень аварийности. Их количество определяется исходя из категории дороги.

Ранее перечисленные коэффициенты определяются по формуле 2.

$$K_n = \frac{n_{\text{уч}}}{n_{\text{эт}}} \quad (2.2)$$

где $n_{\text{уч}}$ – число дорожно-транспортных происшествий, при определенном количестве элементов дороги;

$n_{\text{эт}}$ – число дорожно-транспортных происшествий на образцовом участке дороги, у которого нормативные показатели.

Чтобы определить насколько опасен участок дороги, используют следующие коэффициенты:

K_1 – количество транспорта в единицу времени (интенсивность на участке), авт/сут;

K_2 – число л/а в потоке, %;

K_3 – ширина проезжей части, м;

K_4 – безопасная скорость потока, км/ч;

- К5 – направление движения и количество полос;
- К6 – освещение проезжей части;
- К7 – тип пересечения;
- К8 – суммарная интенсивность движения на перекрестке, авт/сут;
- К9 – суммарная интенсивность движения пешеходов на наземных переходах на перекрестках, чел/сут;
- К10 – видимость пересечения с примыкающей улицы, м;
- К11 – расположение остановочного пункта;
- К12 – расположение переходов;
- К13 – интенсивность движения пешеходов на переходах вне перекрестков, чел/сут;
- К14 – расположение тротуаров;
- К15 – величина продольного уклона, ‰;
- К16 – значение радиусов кривых в плане, м;
- К17 – расположение трамвайного пути;
- К18 – состояние покрытия (значение коэффициента сцепления) [8].

При расчетах необходимо использовать различные методы оценки БДД, включая и рассматриваемый метод, включающий различные коэффициенты, описывающие объекты и характеристики УДС, данные параметры описаны в нормативно-правовой документации [9]. В данных документах использован анализ данных по статистике дорожно-транспортных происшествий за 1986 – 2001 гг., итоги многолетних научно-исследовательских работ по изучению характеристик транспортных средств, характеристик транспортных потоков и способов их управления.

Дополнительно в документации определены принципы формирования безопасного дорожного движения автотранспорта, индикаторы для определения наиболее опасных участков, составлен перечень рекомендаций по их устранению.

Все составляющие метода итоговых коэффициентов в нормативной документации определены для различных категорий дорог и улиц, при этом составляющие не могут учитывать современные реалии, и как следствие необходимо

учитывать все составляющие, как-то все составляющие системы ВАДС (Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда) [10].

Определив все искомые значения итоговых коэффициентов аварийности, строится график, отображающий план и профиль автодороги и содержащий данные о населенных пунктах, продольных и поперечных уклонах, наличии пересечений в одном или нескольких уровнях дорог, мостов и путепроводов, тоннелей, геометрических параметров проезжей части и т.п. При этом обязательно фиксируются средние показатели характеристик транспортных потоков (интенсивность, авт/ч, скорость, км/ч). Для проектируемых объектов обязательно определяются перспективные показатели по данным значениям. В случае превышения значения $K_{\text{авар}} > 15 \div 20$, возникает необходимость в других конструктивных решениях по узлу или ребру дороги [7].

На графе дорог должны быть обозначены места возникновения дорожно-транспортных происшествий за исследуемый период, составляющий промежуток не менее 3-5 лет. Данные показатели должны определяться владельцем дороги или эксплуатирующей организацией. Каждая составляющая K_i должна соответствовать на графике соответствующему геометрическому составляющему дороги (план, профиль).

Влияние опасного участка УДС распространяется на расположенные рядом, прилегающие участки, на которых по этой причине могут возникать серьезные препятствия для движения транспортного потока. Это необходимо учитывать при построении графика итоговых коэффициентов.

На стадии проектирования реконструкции для категорий дорог II – IV, или проектирования дороги, руководящим документом предлагается скорректировать участки дороги, на которых коэффициент аварийности находится в диапазоне от 15 до 20.

При капитальном ремонте дороги (аналогичных категорий) в условиях резко изменяющегося рельефа, либо на участках дорог с прямой видимостью выполняют реконструкцию этих участков УДС при коэффициенте аварийности, находящемся в диапазоне 25...40.

При проектировании горных дорог с точки зрения БДД, допустимыми считаются значения коэффициента >35 или же <350 .

Для строительства абсолютно новых дорог I категории допустимые значения коэффициента даны не более 10,0, для дорог такой же категории, но уже введенных в эксплуатацию, – 12,0.

На участках улично-дорожной сети населенных пунктов, а именно городов, значение итогового коэффициента аварийности более 25 не допускается (для нового строительства). Существующие участки, имеющие аналогичные показатели коэффициента аварийности, требуют реконструкции [11].

Участки улично-дорожной сети, на которых высокий уровень количества ДТП с пострадавшими и погибшими, подвергают первоочередной реконструкции, таким образом устанавливая очередность реконструкции всей дороги. Используя такой подход, итоговые коэффициенты аварийности умножаются на коэффициенты тяжести последствий от дорожных аварий, затем полученные сведения находят свое отражение в итоговом графике реконструкции дороги. Порядок расчета выполняется согласно следующему выражению:

$$M_T = \prod_{i=1}^{14} m_i \quad (2.3)$$

$$K_{\text{итог}}^{\text{ст}} = M_T K_{\text{итог}} \quad (2.4)$$

где m_i - коэффициенты тяжести.

Это условие принимается верным, если $K_{\text{итог}} > 15$.

За единицу стоимостного коэффициента принимают среднее число потерь народного хозяйства от одного происшествия на участке УДС, которое считается эталонным. Иные коэффициенты вычисляют, опираясь на данные о средних потерях народного хозяйства от одного происшествия при разнообразных дорожных условиях. В отдельных случаях дополнительные коэффициенты тяжести ДТП могут увеличиваться, в зависимости от улучшений дорожных условий, причиной этому является возрастание скоростей ТС при движении, что приводит к ДТП с более серьезными последствиями.

Для определения итоговых коэффициентов на отдельных участках УДС значения не придают интерполяции, а принимается наибольшее значение (при худших условиях).

Большинство частных коэффициентов, используемых в данной методике, являются динамическими, так как именно «динамические параметры» существенно преобладают при рассмотрении видов НДУ. В том числе параметры интенсивностей транспортного потока (ИТП) и пешеходного потока (ИПП).

К динамическим частным коэффициентам можно отнести:

К1 – ИТП, авт/сут;

К8 – итоговая сумма ИТП, авт/сут;

К9 - итоговая сумма ИПП на узлах транспортной сети, чел/сут;

К13- ИПП на ребрах транспортной сети, чел/сут [8].

Также стоит отметить, что автор метода «Определение итогового коэффициента аварийности» профессор В.Ф. Бабков не считает, что разработка этого метода совершенна и может считаться завершенной. Перечень представленных частных коэффициентов не столь подробен, а значения требуют усовершенствования. Проводящие учет и анализ ДТП дорожные организации вправе устанавливать вспомогательные коэффициенты, учитывающие фактические условия дорожного движения на определенном участке.

Наиболее рациональным подходом при оценке безопасности дорожного движения на узлах и ребрах транспортной сети является «Метод итоговых коэффициентов аварийности». Основным подходом при реализации данного метода - изучение влияния любого элемента дороги, к примеру - ее состояние или геометрические параметры, на количество дорожно-транспортных происшествий. Достоинства данного метода неоспоримы, но в это же время существуют некоторые ограничения и недочеты, такие, как:

- число и многообразие параметров обстоятельств дорожного движения требуют на свое определение большое количество временных, физических и физиологических затрат,

- так как в методике профессора В.Ф. Бабкова представлены лишь некоторые значения всего спектра изменений параметров и характеристик дорожного движения, то любая дорожная организация, либо инженер, работающий в этой сфере, могут

интерпретировать определенные условия движения на свое усмотрение. Поэтому требуется рассмотреть следующий метод - метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статистический анализ).

2.2 Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД

Данный метод, разработанный в Липецком государственном технологическом университете, состоит в том, чтобы наиболее точно определять уровень обеспечения БДД путем оценивания возможности возникновения дорожно-транспортных происшествий с помощью введения лингвистических переменных и экспертизы, на ее основе (рисунок 2.1) [12].



Рисунок 2.1 – Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статистический анализ) [12]

В этом методе каждый качественный показатель передается в виде нечеткого числа, которое находится в диапазоне от 0 до 1 [42 – 44]. Для визуализации метода комплексной оценки уровня обеспечения безопасности дорожного движения применяется обустройство элементов улично-дорожной сети, которое обеспечивает пешеходное движения через проезжую часть. Выделяется e видов деталей обустройства, которые оцениваются и анализируются в зависимости от величины риска возникновения ДТП. На основании разработанных алгоритмов проведения исследований формируется группа из m экспертов.

На основании анализа вероятности возникновения дорожно-транспортного пришествия вводятся дополнительные переменные, в том числе лингвистические переменные, которые включают различные виды транспортной инфраструктуры.

При составлении понятийных терминов указывается облако возможных значений, которые могут включать следующие лингвистические переменные - *очень высокий, высокий, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий, очень низкий*. В этом случае переменная $T(x)$ будет иметь количественный параметр $n = 7$.

Применяя нормальный закон распределения к каждому из терм-множеству, строится соответствующее графическое отображение полученных данных. Это распределение является предельно достижимым, т. е. с ним максимально коррелируются другие возможные распределения, в том числе и наиболее используемые (рисунок 2.2) [13].

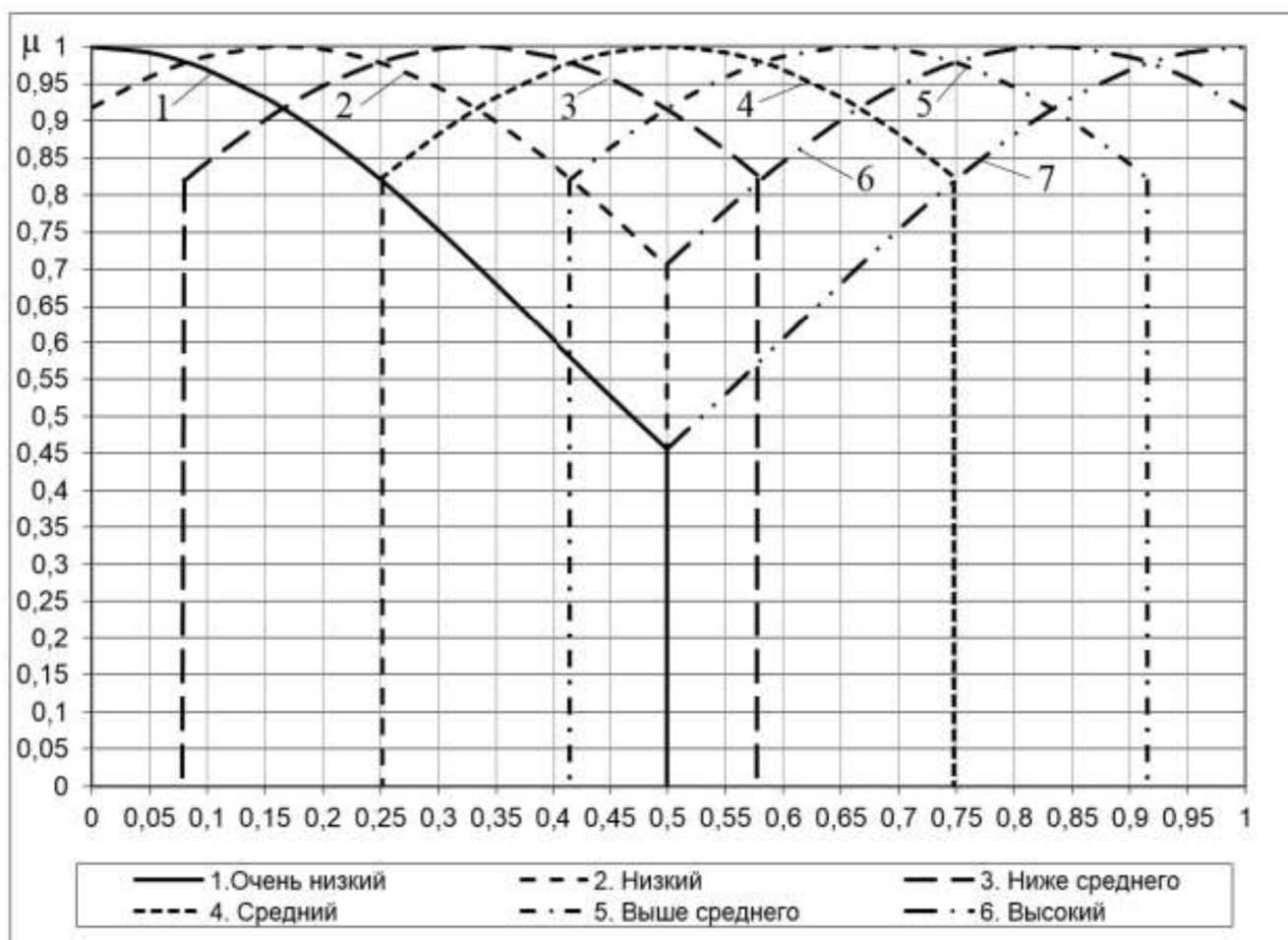


Рисунок 2.2 – График функций принадлежности элементов терм-множеств [12]

Множество $M(X)$ является универсальным и вычисляется в интервале $[0;1]$. В этом случае определить функцию принадлежности элементов терм-множества возможно согласно выражению:

$$f(x) = e^{-\pi(x-a)^2} \quad (2.5)$$

где a – оценка математического ожидания функции принадлежности [13].

С целью снижения возможных флуктуаций в областях существования функции принадлежности облаку значений, их фиксируют на константном значении равным 0,5.

Если оценивать вероятность возникновения рисков дорожно-транспортного происшествия, необходимо определить ключевые элементы дороги, которые участвуют в организации движения пешеходов на определённом участке улично-дорожной сети:

- пешеходный переход, регулируемый (РПП),
- пешеходный переход, нерегулируемый (НРПП),
- обеспечение видимости ПП (ОВ),
- ограждение ПЧ (ОПЧ),
- расположение ПП у автобусных остановок (РПАО),
- островки безопасности (ОБ),
- наличие заездных карманов на АО при наличии ПП (АОБК) [12].

Для дорог с количеством полос (4 или 6) для движения транспортных средств проводится оценка вероятности риска возникновения ДТП, исходя из гипотезы о том, что увеличение количества полос повышает риск возникновения дорожной аварии на НРПП.

Далее j -м экспертом проводится экспертиза различных элементов (e -го) транспортной инфраструктуры, далее качественные показатели интерпретируются нечёткими значениями, в соответствии со следующим выражением [14]:

$$r_{ej}, e = \overline{1, E}, j = \overline{1, m}. \quad (2.6)$$

После систематизации и обработки полученных экспертных оценок формируется комплексный показатель оценки риска для каждого элемента дорожной инфраструктуры по формуле:

$$r_e = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m r_{ej}. \quad (2.7)$$

По каждому виду дорожной инфраструктуры формируется итоговая таблица с расчетными значениями.

Комплексная оценка рисков возникновения дорожных аварий невозможна без проведения оценки индивидуального веса всех элементов дорожной инфраструктуры на исследуемом участке дороги u . Так как в настоящее время у экспертов отсутствует достоверная информация о степени влияния элементов обустройства дорожной инфраструктуры на вероятность возникновения ДТП, то предлагается определять вес каждого элемента v_{eu} , исходя из его количественного показателя на рассматриваемом участке улично-дорожной сети.

Для дальнейших расчетов необходимо провести группировку количественных оценок элементов обустройства из-за того, что они имеют разную размерность.

В группу 1 входят НРПП и РПП. Для элементов данной группы предлагается определять вес риска наезда на пешехода на 100 м длины участка по формуле:

$$v_{eu} = \frac{N_u}{l_u} 100, e = \overline{1, 4}, u = \overline{1, U}, \quad (2.8)$$

где N_u – количество пешеходных переходов на участке u ;

l_u – длина участка u , м.

В группу 2 входят ООПЧ. Для него расчет риска проводится по формуле:

$$v_{eu} = 1 - \frac{l_{eu}}{l_u}, e = 1, u = \overline{1, U}, \quad (2.9)$$

где l_{eu} – общая длина огражденной проезжей части участка u , м.

В третью группу входит РПП. Для него расчет риска проводится по формуле:

$$v_{eu} = 1 - \frac{N_{пу} t_p}{12N_u}, e = 1, u = \overline{1, U}, \quad (2.10)$$

где $N_{пу}$ – число пешеходных переходов с разметкой на участке u ;

t_p – время существования разметки на переходе, мес.

Группу 4 составляют ОБ и ОВ на пешеходных переходах. Для данной группы расчет риска проводится по формуле:

$$v_{eu} = 1 - \frac{N_{ou}}{2N_u}, e = 1, u = \overline{1, U}, \quad (2.11)$$

$$v_{eu} = 1 - \frac{N_{vu}}{2N_u}, e = 2, u = \overline{1, U}, \quad (2.12)$$

где N_{ou} – количество островков безопасности на участке u ;

N_{vu} – количество входов на пешеходные переходы с нормативным расстоянием видимости на участке u .

Пятая группа включает РПАО и АОБК. Для данной группы расчет риска проведется по формуле:

$$v_{eu} = \frac{A_{бкu}}{A_u}, e = 1, u = \overline{1, U}, \quad (2.13)$$

$$v_{eu} = \frac{A_{нкu}}{A_u}, e = 2, u = \overline{1, U}, \quad (2.14)$$

где $A_{бкu}$ – количество остановок без заездных карманов на участке u ;

A_u – общее количество остановок на участке u в обоих направлениях;

$A_{нкu}$ – количество остановок с нарушением расположения пешеходных переходов на участке u .

С целью обеспечения возможности дальнейших расчетов необходимо выполнить нормировку весов. Для этого количественные показатели приводятся к числу из интервала $0 \dots 1$:

$$\overline{v_{eu}} = \frac{v_{eu}}{v_{1u} + v_{2u} + \dots + v_{Eu}}, e = \overline{1, E}, u = \overline{1, U}, \quad (2.15)$$

где $U = 10$ – число участков.

В последующем выполняется расчет комплексной оценки риска возникновения ДТП с участием пешехода на определенном участке u , и по выражению:

$$O_u = \sum_{e=1}^E \overline{v_{eu}} r_e, u = \overline{1, U}. \quad (2.16)$$

Итоговые значения формируются в таблицу.

Выявляя возможность возникновения ДТП с участием пешехода, воспользуемся кодовым расстоянием, т. е. величиной значения между двумя соседними парами функций, которые формируют итоговое значение функциональной зависимости между множествами A и B , заданное на известном отрезке X , согласно ниже приведенной функции (2.17).

$$d(A, B) = |\mu_A(x_1) - \mu_B(x_1)| + \dots + |\mu_A(x_q) - \mu_B(x_q)|, \quad (2.17)$$

где $q = 0,21$ – число вероятных значений, с интервалом $0,05$, которые находятся в заданном интервале универсального множества [15].

Вычисляемое расстояние между функцией оценки риска ДТП с участием пешехода на ребре или узле улично-дорожной сети (O_u) лингвистическим множеством (нечетким ($M(X)$)), которое составляет общее количество понятийных переменных, преобразованных из числа O_u . Для определения понятийной вероятности возникновения конфликта на участке u необходимо найти кратчайший путь до понятийного элемента.

В последующем определяем расстояния Хемминга между O_i и понятийной функцией различных множества «очень низкий» $du(O_i, M(\text{«очень низкий»}))$.

Риск для пешеходов находится в прямой зависимости от увеличения расстояния Хемминга. Далее проводится ранжирование участков по их уровню опасностей для пешеходов.

Определение очередности мероприятий, по степени их влияния на уровень безопасности движения пешеходов, на участках уличной дорожной сети производится после определения веса каждого из элементов обустройства автомобильной дороги и его значимости на обеспечение безопасности. В данном случае расстояние Хемминга находится между суммарной оценкой риска каждого из элементов и функции терм-множества «очень низкий».

Данный метод позволяет дать объективную оценку уровня обеспечения БДД при проектировании, реконструкции элементов обустройства, разрабатывать и принимать управленческие решения. Кроме этого, решаются следующие задачи:

- снижение тяжести последствий ДТП;
- снижение экономических затрат от последствий ДТП;
- увеличение влияния применяемых технических средств, направленных на повышение уровня безопасности движения;
- непрерывный контроль и своевременное принятие управленческих решений в сфере безопасности дорожного движения;
- анализ эффективности мероприятий, направленных на снижение аварийности и тяжести последствий ДТП [12].

Очевидно, что существенное влияние на БДД оказывает не только состояние проезжей части, геометрические параметры, прилегающая территория, пешеходы, но и одним из важнейших факторов в этой системе ВАДС является водитель.

В населенных пунктах с интенсивным и неравномерным движением поведение водителя приобретает особую роль.

Поведение водителя имеет прямую зависимость с несоблюдением им правил управления транспортным средством на дорогах общего пользования, которые сопровождают различные сценарии возникновения ДТП [12]. Оценивая восприятие

водителей, пассажиров и пешеходов, как субъективное, то выявить их количественную оценку в итоговом значении практически невозможно, что приводит к нечеткости и неопределённости данных. В связи с чем необходимо также рассмотреть субъективное восприятие участниками дорожного движения дорожных динамических дорожных ситуаций методом комплексной оценки обеспечения безопасности дорожного движения.

2.3 Метод комплексной оценки причин аварийности на городских улицах (динамический анализ)

Динамические дорожные ситуации описываются методом комплексной оценки обеспечения безопасности дорожного движения. Данный метод базируется на включении лингвистических переменных, которые отражают субъективное восприятие участниками дорожного движения динамических дорожных ситуаций. В этом методе каждый качественный показатель передается в виде нечеткого числа, который находится в диапазоне от 0 до 1 [12].

Рассмотрение «динамических действий» водителей описывается алгоритмом оценки безопасности дорожного движения (рисунок 2.3). Выбранное решение есть нечеткие множества и оценки экспертов, которые формируют решение лингвистических переменных.

Данное решение возможно за счет использования статистики по нарушениям ПДД, отсортированных по видам (P виды), вероятным последствиям и их частоте возникновения в разрезе влияния на ДТП. С этой целью формируется пул экспертов m .

Используя понятийную переменную, которая выявляет зависимость риска возникновения конфликта пешеход - автомобиль с учетом вида нарушения ПДД. При этом n в понятийном множестве определено числом Миллера, имеющего вид $(7 \pm 2) \leq 13$, которое не может быть четным [16].

Понятийное множество формируется на основе облака значений языковых переменных имеющих следующие значения: *очень высокий, высокий, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий, очень низкий*.



Рисунок 2.3 – Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (динамический анализ)

В этом случае мы используем функцию принадлежности понятийных элементов, которая принадлежит нормальному закону распределения [13]. При этом множество $M(X)$ принимает значение в интервале от 0 до 1.

Оценка рисков возникновения дорожно-транспортных происшествий проводится с помощью отбора основных видов нарушений правил дорожного движения, которые характерны в черте населенных пунктов. Оценивает риски i по видам нарушений правил дорожного движения k , эксперт j , в качественной форме, которые преобразуются в нечёткие числа rij .

Затем совокупность оценок экспертов рассчитывается по выражению (2.18), и, по каждому виду нарушений правил дорожного движения проводится конкретизация

оценок риска. После определяются участки УДС, для которых требуется провести оценку уровня БДД.

С целью определить обобщенную оценку рисков совершения дорожно-транспортного происшествия, необходимо знать вес каждого конкретного нарушения правил дорожного движения на каждом участке улично-дорожной сети населенного пункта. Оценивают вес каждого конкретного нарушения правил дорожного движения с помощью статистики, и анализируют, была-ли причинно-следственная связь с совершенным ДТП, на основе этого формируется вывод о значимости того или иного вида нарушения ПДД.

Нормировку весов выполняют с целью соблюдения условий соразмерности, при этом основная цель заключается в приведении количественного показателя к значению, которое находится в интервале $[0;1]$:

$$\overline{w_{uk}} = \frac{w_{uk}}{w_{u1}} + w_{u2} + \dots + w_{uP}. \quad (2.18)$$

Определяя оценку безопасности конфликта автомобиль-пешеход, воспользуемся кодовым расстоянием, которое определяется между ближайшими парами функций, которые формируют функциональную зависимость между нечеткими конечными множествами A и B , заданные на отрезке X .

Нечеткие числа R_u переформатируются в понятийные переменные с помощью дистанции между облаком $M(X)$ и нечеткими значениями, которые образуют систему понятийных значений (ТЕРМ). Понятийное значение, до которого расстояние стремится к \min , определяет понятийную переменную для ребра или узла улично-дорожной сети.

Понятийные оценки возникновения рисков как для ребер, так и для узлов транспортной сети U_u определяются минимальным расстоянием до элемента «ТЕРМ». Эти данные формируют уровень риска для исследуемого участка дорог общего пользования или УДС. Сравнительный анализ ребер и узлов графа дорог формируется расстоянием Хэмминга R_u и функцией принадлежности элемента

понятийного множества «очень низкий» $du (Ru, M(\text{«очень низкий»}))$ есть ни что иное, как сравнение участков между собой.

После сравнения участков между собой формируется вывод о том, какой участок рискованный в большей степени, что дает возможность произвести их иерархическое расположение. Результаты формируются в виде таблицы.

Данный метод определения и сравнительной оценки уровня БДД применяется к участкам улиц, к целым районам города и к городу в целом.

Информация, которая имеется в базе данных Госавтоинспекции о нарушениях правил дорожного движения, систематизируется и позволяет оценить показатель уровня безопасности дорожного движения. Рассматриваемый метод дает возможность без труда выполнять анализ уровня БДД с любой периодичностью [14].

Сопоставление параметров вышеприведенных методов оценки безопасности дорожного движения занесено в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Сопоставление параметров методов оценки безопасности дорожного движения

Метод коэффициентов безопасности	Метод коэффициентов аварийности	Метод статистического анализа
<p>Метод основан на отношении максимальной скорости движения на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок (начальная скорость движения).</p> <p>Для определения коэффициентов безопасности при построении теоретического графика скоростей движения по дороге в обычную методику расчета скоростей вносят изменения, направленные на учет опасных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - для реконструируемых дорог не принимают во внимание общие ограничения скорости движения Правилами дорожного движения и местные ограничения скорости (в населенных пунктах, на переездах железных дорог, на пересечениях с другими дорогами, на кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков и др.); - в случае резкого различия условий движения по дороге в разных направлениях (например, на затяжных подъемах горных дорог) график коэффициентов безопасности можно строить только для того направления, в котором может быть развита наибольшая скорость; - не учитывают участки постепенного снижения скорости, необходимые для безопасного въезда на кривые малых радиусов, на пересечения, узкие мосты, т.е. берут соотношение скорости, обеспечиваемой данным участком, и максимальной возможной скорости в конце предшествующего участка 	<p>Метод коэффициентов аварийности основан на формировании перечня признаков, описывающих различные статистические параметры ДТП. Степень опасности участков дороги характеризуют итоговым коэффициентом аварийности, который представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля. Где частные коэффициенты аварийности, определяемые отношением количества ДТП на участке искомой дороги к количеству ДТП на эталонном горизонтальном участке с проезжей частью шириной 7,5 м, с шероховатым покрытием и укрепленными обочинами. Графики строят для трёх сезонов: лета, зимы и переходного периода. Расчёт начинают с летнего периода.</p> <p>Значения коэффициентов K1 (интенсивность движения), K2 (ширина проезжей части, K3 (ширина обочин), K12 (число полос движения), K16 (характеристика покрытия) будут постоянными по всей длине дороги. Другие коэффициенты принимают различные значения на определенных участках. Длину этого участка определяют, как его протяжённость (например, длина подъема-спуска) плюс протяжённость подходов к нему (зоны влияния) с обеих сторон</p>	<p>Данный метод направлен на изучение безопасности путем оценки рисков с помощью экспертизы, которая основывается на введении понятных параметров, которые описывают переменное восприятие человеком окружающего мира в конкретный промежуток времени. В основе лежат нечеткие множества, а также экспертные оценки. Для оценки риска выбираются наиболее характерные для городских условий виды нарушений ПДД. Применение данного метода позволяет дать объективную оценку БДД на стадиях проектирования, либо реконструкции УДС. Однако требует значительных временных затрат и сбора значительного объема исходных данных для выявления потенциально опасных участков</p>

Для выявления наиболее эффективной методики требуется выполнить анализ на участках с реальными ДТП с погибшими.





2.4 Сравнительный анализ существующих методик на участках с реальными ДТП с погибшими в Белгородской области

Рассмотрим эффективность ранее приведенных методик на примере участков УДС с погибшими за 2020 г.

Первым рассмотрим методику коэффициентов аварийности на участках УДС Белгородской области с погибшими, которые произошли за территорией населенного пункта. При этом будем считать несоответствующим нормативным показателям даже те участки, которые входят в предельно низкий допустимый показатель коэффициента (приложение В).

Как видно из геоинформационного анализа участков УДС за 2020 г., имеется 33 участка дорожной сети, где произошли ДТП с погибшими. При этом только 6 участков не соответствуют нормативным показателям по итоговым коэффициентам аварийности, что составляет 18,2%, а если брать верхнее значение допустимого предела 40, то количество данных участков составит 3 или соответственно 9,1%. Полученные цифры говорят о низкой эффективности методики оценки дорожной сети. Произведем анализ полученных результатов с точки зрения выявления наиболее опасных участков по распределению итоговых коэффициентов аварийности. Только 15% всех участков имеют значение выше 26, а 85% находятся в нижнем пределе допустимого диапазона, т.е. необходимо или пересматривать данные показатели или производить соответствующее ранжирование. Рассмотрим данную методику для анализа участков ДТП в черте населенного пункта [19 – 23].

Таблица 2.2 – Геоинформационный анализ и расчет сложности участков УДС с местами концентрации ДТП с погибшими в г. Белгороде за 2020 г.

№ участка	Долгота	Широта	Снимок	Коэф фициент сложности пересече ния	Итоговый коэф фициент аварий ности	Допусти мый коэф фициент	Соответств ие
1	36.559 249	50.568 513		62 – средней сложности	$K_{авар} = 2,819$	25...40	Соответст вует
2	36.571 963	50.633 812		262 – очень слож ный	25,915	25...40	Соответст вует
3	36.561 277	50.564 138		6 – простой	2,217	25...40	Соответст вует
4	36.578 915	50.600 081		9 – простой	5,117	25...40	Соответст вует

Как видно из геоинформационного анализа участков УДС за 2020 г., имеется 4 участка улично-дорожной сети, где произошли ДТП с гибелью людей в черте населенного пункта. При этом только 1 участок чуть выше нижней планки установленного показателя по итоговым коэффициентам аварийности, что составляет 20%, а если брать верхнее значение допустимого предела 40, то все участки находятся в нормативных пределах. Полученные цифры говорят о низкой эффективности методики оценки дорожной сети и на территории населенного пункта.

Следующим методом, которым можно оценить опасные участки УДС является метод статистического анализа. Рассмотрим его более подробно.

2.5 Анализ БДД методом статистического анализа

Так как данный метод [24] ориентирован на применение в черте населенного пункта, то анализ будем производить на основе соответствующих данных 2020 г.

Для реализации данного метода были выбраны некоторые элементы дорожного обустройства на исследуемых участках города, имеющие отношение к организации пешеходного движения. Такими элементами являются:

- пешеходный переход, регулируемый (РПП),
- пешеходный переход, нерегулируемый (НРПП),
- обеспечение видимости ПП (ОВ),
- ограждение ПЧ (ОПЧ),
- расположение ПП у автобусных остановок (РПАО),
- островки безопасности (ОБ),
- разметка ПП (РПП),
- наличие заездных карманов на АО при наличии ПП (АОБК) [19].

Для экспертной оценки были привлечены: сотрудник ГИБДД (ДПС), работник Управления дорог и транспорта, водитель такси, водитель грузового автомобиля, водитель непрофессионал, работник образования, мед. работник, студент, домохозяйка [11].

Далее качественные оценки экспертов переводятся в нечёткие числа, и путем агрегирования оценок производится обобщение оценок риска по каждому элементу обустройства. В качестве объекта, который необходимо оценить с точки зрения уровня обеспечения безопасности пешеходного движения, были выбраны участки города Белгорода, на которых произошли ДТП с погибшими:

Участок 1. Ул. Архиерейская.

Участок 2. Ул. Привольная.

Участок 3. Ул. Буденного.

Участок 4. Ул. Преображенская.

После этого оценивается вес каждого элемента обустройства на каждом из участков. Ниже представлены данные, показывающие вес каждого элемента УДС.

Таблица 2.3 – Значение элементов обустройства на участках УДС

Участок	Элемент обустройства							
	НРПП	РПП	ОПЧ	Разметка	ОВ	ОБ	РПАО	АОБК
ул. Архиерейская	0,7	0,4	0,56	0,94	0	0	0	0
ул. Привольная	0,317	0,6	0,15	0,5	0,66	0	0	0
ул. Буденного	0,12	0,64	0,5	0,5	0,66	0	0	0
ул. Преображенская	0,19	0,56	0,84	1	0,2	0	0	0

Для выполнения условия соразмерности требуется нормировка весов. Следовательно, производим расчет по формуле. Результаты расчета представлены ниже.

Чтобы определить уровень обеспечения БДД используется расстояние Хемминга для каждого из участков, расчеты представлены в приложении Д.

Вычисляется расстояние между O_u и функцией принадлежности элемента термножества $d_u(O_u M(\text{«очень низкий»}))$. Полученный результат позволит произвести ранжирование улиц.

Таблица 2.4 – Нормировка весов на участках УДС

	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4
0	0,3446	0,3429	0,3741	0,3469
0,1	0,3446	0,3429	0,3741	0,3469
0,2	0,3446	0,3429	0,3741	0,3469
0,3	0,3446	0,3429	0,3741	0,3469
0,4	0,3446	0,3429	0,3741	0,3469
0,5	0,3446	0,3429	0,3741	0,3469
0,6	0,3471	0,3467	0,3781	0,3505
0,7	0,3471	0,3467	0,3781	0,3505
0,8	0,3562	0,3664	0,3988	0,3650
0,9	0,4371	0,4333	0,4732	0,4429
1	0,6632	0,6296	0,6889	0,6642

	Участок 1	Участок 2	Участок 3	Участок 4
0,9	0,6808	0,648261	0,699746	0,6811
0,8	0,9019	0,8321	0,9059	0,8957
0,7	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734
0,6	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734
0,5	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734
0,4	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734
0,3	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734
0,2	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734
0,1	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734
0	0,9848	0,8940	0,9762	0,9734

Таблица 2.5 – Нормировка весов на участках УДС

Участок	Риск (Расстояние Хемминга)						
	1	2	3	4	5	6	7
ул. Преображенская	16,20834	15,90753	12,97378	6,414352	2,069852	4,077742	4,998929
ул. Буденного	16,16834	15,95142	13,07378	6,454352	2,007122	4,057742	4,978929
ул. Привольная	15,22834	14,92753	11,9035	5,321638	1,704102	5,120056	5,878929
ул. Архиерейская	12,23834	11,93753	8,853498	3,82776	4,71571	8,327742	9,152337

Из полученных результатов можно сделать вывод, что минимальный уровень обеспечения безопасности для пешеходного движения на участке 3, а наиболее безопасным является участок 1.

Для вывода об эффективности данной методики приведем результаты, полученные ранее при аналогичном исследовании участка пр. Ватутина в Белгороде.

Таблица 2.6 – Ранжирование участков пр. Ватутина расстоянием Хемминга

Участок	Риск (Расстояние Хемминга)							Ранг
	1	2	3	4	5	6	7	
3. пр. Ватутина - ул. Костюкова – пр. Ватутина – ул. Королева	14,53558	13,86853	10,7405	3,961352	2,95471	6,566742	7,652135	1
4. пр. Ватутина - ул. Королева – пр. Ватутина – ул. Губкина	14,48358	13,94853	10,8545	4,113352	2,80471	6,465292	7,605929	2
6. пр. Ватутина - ул. Славянская - пр. Ватутина - пр-д Автомобилистов	12,96934	12,75242	9,742498	3,000408	3,963102	7,458742	8,283337	3
7. пр. Ватутина - пр-д Автомобилистов - пр. Ватутина - ул. Щорса	12,25789	12,58242	9,732776	4,75276	3,898514	7,288742	8,113337	4
2. пр. Ватутина - ул.5 Августа - пр. Ватутина - ул. Костюкова	10,103669	12,47736	11,86136	7,730388	6,910534	7,536258	7,017663	5
5. пр. Ватутина - ул. Губкина – пр. Ватутина – ул. Славянская	10,006577	9,293532	5,98911	4,635182	7,714916	10,90806	10,998753	6
1. пр. Ватутина - ул. Победы - пр. Ватутина – ул. 5 августа	5,950383	8,05336	7,844224	12,14218	11,33453	11,96026	10,569845	7

При расчете данным методом делается вывод о том, что участок № 3 пр. Ватутина - ул. Костюкова – пр. Ватутина - ул. Королева является наиболее опасным, по сравнению с другими исследуемыми участками, он возводится в таблице в ранг 1.

В свою очередь, стоит отметить, что данный участок является одним из наиболее загруженных участков города. Интенсивность движения транспорта на данном участке порядка 5000 авт/ч. Участок является технически сложным, с многополосным движением, светофорным регулированием, регулируемые наземными пешеходными переходами и остановками общественного транспорта.

Исследуемый участок ул. Преображенская, который также возведен в ранг 1, – это участок с односторонним движением протяженностью более 3 км, который в свою очередь также многополосный, имеет регулируемые перекрестки, регулируемые и нерегулируемые пешеходные переходы и остановки общественного транспорта.

Данный метод позволяет дать объективную оценку уровня обеспечения безопасности для пешеходного движения при проектировании, реконструкции элементов обустройства, разрабатывать и принимать управленческие решения. Однако, для исследования уровня безопасности дорожного движения этот метод мало информативен, так как за исходные данные берутся в основном показатели наличия, или отсутствия каких-либо элементов дорожного обустройства, которые необходимы для безопасности пешеходов. То есть данный метод ориентирован на оценку безопасности дорожного движения с точки зрения конфликта пешеход-автомобиль, в то время как конфликт автомобиль-автомобиль он учесть не может. То есть имеет ограниченный уровень оценки возможных аварийных участков.

Чтобы дать комплексную оценку безопасности движения именно для транспортных средств, и для транспортных средств и пешеходов в целом, требуется более информативный подход, который бы учитывал все важные параметры, влияющие на показатели БДД.

2.6 Выводы по главе

1. Выявлено, что метод итоговых коэффициентов аварийности составляет основу для выполнения проектных решений. Он формирует целый ряд требований к выполнению отдельных элементов узла и ребра дорожной сети. Однако данный метод не учитывает реальные обстоятельства возникновения дорожно-транспортных происшествий и не коррелируется с реальной статистикой ДТП, в том числе и погибшими, является одной из наиболее рациональных при оценке условий БДД на отдельных участках УДС.

2. Выявлено что метод комплексной оценки уровня обеспечения безопасности позволяет оценить уровень рисков как на ребрах, так и на узлах транспортной сети. Позволяет принимать управленческие решения с точки зрения снижения рисков. Однако он не позволяет проводить массовую оценку улично-дорожной сети, крайне трудоемок в процессе проведения работ. При этом он формирует перечень признаков, который может быть использован для дальнейшего формирования описательной части участка вероятного возникновения ДТП.

3. Метод динамического анализа основывается на введении в модель различных видов нарушения ПДД и восприятия ситуации на дороге, водителем, пассажиром и пешеходом. Однако данный подход крайне сложен в реализации, поскольку та же реакционная способность, эмоциональный настрой изменяется в течение суток. В том числе различные виды нарушений ПДД связаны и с климатическими явлениями и временем суток.

4. Геоинформационный анализ участков УДС показал низкую эффективность рассмотренных методик оценки уровня безопасности дорожной сети на территории Белгородской области. То есть возникает необходимость в разработке решения для «массового» обследования улично-дорожной сети и дорог общего пользования с выявлением типовых элементов на основе статистических данных.

ГЛАВА 3. ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ

3.1 Геоинформационный анализ графа дорог Белгородской области на основе SVD разложения

Наблюдаемые параметры (факты возникновения ДТП) сопровождаются условиями, при которых они происходят. Причём объект (совокупность зафиксированных ДТП) имеет признаковое описание, т.е. каждому конкретному факту ДТП соответствует набор условий, при которых это ДТП совершено. Естественно, что для конечной выборки ДТП возможно составить очень большой перечень сопровождающих его условий. Какие же условия или их сочетания явились первопричиной ДТП, а какие не имеют к нему абсолютно никакого отношения весьма затруднительно из-за большого количества включаемых в рассмотрение условий [34, 39].

Для решения таких задач, имеющих только признаковое описание объекта, используется формализованный подход, основанный на методах понижения размерности задачи.

В формализованном представлении связь между зарегистрированными ДТП и условиями, в которых они реализованы, устанавливается матрицей исходных признаков (**A**) вида:

$$A = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,d} & \dots & a_{1,D} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,d} & \dots & a_{2,D} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \dots & a_{n,d} & \dots & a_{n,D} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{N,1} & a_{N,2} & \dots & a_{N,d} & \dots & a_{N,D} \end{pmatrix}$$

В нашем случае (данные о ДТП и сопровождающих их параметрах дорожной обстановки) элементы матрицы **A** равны нулю или единице ($a_{n,d} = 1(0)$):

$$\begin{array}{c}
 \text{ДТП}_1 \\
 \text{ДТП}_2 \\
 \vdots \\
 \text{ДТП}_n \\
 \vdots \\
 \text{ДТП}_N
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \text{Усл}_1 & \text{Усл}_2 & \dots & \text{Усл}_d & \dots & \text{Усл}_D \\
 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \dots & 1(0) \\
 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \dots & 1(0) \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \ddots & 1(0) \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \dots & 1(0)
 \end{pmatrix}$$

Понизить размерность задачи [82] возможно за счёт предварительного анализа, накопления опыта и сокращения количества рассматриваемых условий за счёт их исключения из задачи. Такой подход зачастую связан с субъективизмом в принятии решений и может привести к ложным выводам.

Существует также подход к решению задачи с понижением размерности, основанный на замене приведенной выше матрицы на матрицу, устанавливающую также признаковое описание объектов (в данном случае ДТП) через некие условные факторы, которых будет существенно меньше, чем анализируемых условий. То есть исходная матрица признаков преобразуется к виду:

$$\begin{array}{c}
 \text{ДТП}_1 \\
 \text{ДТП}_2 \\
 \vdots \\
 \text{ДТП}_n \\
 \vdots \\
 \text{ДТП}_N
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \text{Факт}_1 & \text{Факт}_2 & \dots & \text{Факт}_m & \dots & \text{Факт}_M \\
 \text{Вес}_{1,1} & \text{Вес}_{1,2} & \dots & \text{Вес}_{1,m} & \dots & \text{Вес}_{1,M} \\
 1(0) & 1(0) & \dots & \text{Вес}_{2,m} & \dots & \text{Вес}_{2,M} \\
 \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 \text{Вес}_{n,1} & \text{Вес}_{n,2} & \dots & \text{Вес}_{n,m} & \ddots & \text{Вес}_{n,M} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 \text{Вес}_{N,1} & \text{Вес}_{N,2} & \dots & \text{Вес}_{N,m} & \dots & \text{Вес}_{N,M}
 \end{pmatrix}$$

Причём значение M меньше D (зачастую значительно меньше).

В свою очередь выделенные обобщённые факторы представляют собой комбинацию группы анализируемых условий. Обобщая условия, которые вошли в состав выделенного фактора, в ряде случаев можно определить логически обоснованное понятие, связанное с ним и объединяющее рассматриваемые условия на дороге. Тем не менее, формально выделенные факторы иногда не получается объединить в одно понятие, т.е. приходится иметь дело с сочетанием одновременного проявления нескольких несвязанных друг с другом условий.

Такой подход к анализу данных предполагает оценивание меры схожести (коррелированности) проявления условий (параметров дорожной обстановки) во всех зарегистрированных событиях (в данном случае ДТП). Фактически в выявлении

корреляции векторов-столбцов матрицы признаков A . В случае выявления такой схожести проявлений у нескольких параметров дорожной обстановки можно ожидать, что существует некий конкретный или абстрактный фактор, который можно интерпретировать как первопричину наблюдаемых событий. Соответственно выявление таких факторов и является основной целью анализа информации.

Для анализа данных, характеризуемых признаковым описанием объектов, активно используется факторный анализ, основанный на методе главных компонент (*PCA, Principal Component Analysis*) и методе сингулярного разложения матрицы (*SVD, Singular Value Decomposition*) [83 – 87]. Это позволяет понизить размерность задачи, объединяя схожие по проявлениям параметры дорожной обстановки.

3.1.2 Метод главных компонент

Метод главных компонент [1–3, 45] предполагает преобразование пространства признаков (набора данных, связывающих наблюдаемые ДТП и параметры обстановки) к виду другого пространства признаков с учётом следующих условий.

В исходном признаковом пространстве оси системы координат (векторы – столбцы матрицы признаков A , каждый из которых определяется одним из параметров дорожной обстановки) заведомо не ортогональны друг другу. В преобразованном пространстве оси системы координат должны быть взаимно ортогональными. Такие оси имеют название главных компонент. Данное преобразование может быть представлено в виде:

$$Z = A \cdot X = A \cdot \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,d} & \dots & x_{1,D} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,d} & \dots & x_{2,D} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,d} & \dots & x_{n,D} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N,1} & x_{N,2} & \dots & x_{N,d} & \dots & x_{N,D} \end{pmatrix}$$

$$\text{где } Z = \begin{pmatrix} \text{Вес}_{1,1} & \text{Вес}_{1,2} & \dots & \text{Вес}_{1,m} & \dots & \text{Вес}_{1,M} \\ 1(0) & 1(0) & \dots & \text{Вес}_{2,m} & \dots & \text{Вес}_{2,M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{Вес}_{n,1} & \text{Вес}_{n,2} & \dots & \text{Вес}_{n,m} & \ddots & \text{Вес}_{n,M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{Вес}_{N,1} & \text{Вес}_{N,2} & \dots & \text{Вес}_{N,m} & \dots & \text{Вес}_{N,M} \end{pmatrix}$$

матрица признаков в преобразованном пространстве;

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,d} & \dots & x_{1,D} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,d} & \dots & x_{2,D} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,d} & \ddots & x_{n,D} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N,1} & x_{N,2} & \dots & x_{N,d} & \dots & x_{N,D} \end{pmatrix}$$

матрица весовых коэффициентов (собственных векторов матрицы исходных признаков), определяющих главные компоненты преобразованного пространства признаков (расположены по столбцам).

Величины признаков, привязанных к новым осям в преобразованном пространстве, формируются в виде линейной комбинации признаков в исходном пространстве. Причём оценки новых признаков (суть проекции исходного пространства на результирующие) должны обеспечивать как можно большую дисперсию (изменчивость, вариативность) исходных данных:

$$\vec{x}_d^T \cdot S \cdot \vec{x}_d \rightarrow \max, \quad (3.1)$$

а векторы-столбцы в преобразованной матрице признаков должны быть ортогональны:

$$\vec{x}_{d1}^T \cdot S \cdot \vec{x}_{d2} = 0. \quad (3.2)$$

Решением задачи факторного анализа по методу главных компонент является именно нахождение коэффициентов, обеспечивающих требуемую линейную комбинацию исходных признаков. В итоге искомое преобразование исходной матрицы собственными векторами матрицы ковариаций и собственные числа матрицы являются дисперсиями главных компонент.

Таким образом, коэффициенты, входящие в линейные комбинации признаков, определяют, какие именно параметры дорожной обстановки и с каким весом входят

в состав факторов, связанных с осями преобразованного пространства – главными компонентами.

На практике обработка и анализ данных ограничивается факторами, соответствующими главным компонентам в сумме обеспечивающим порядка 80% дисперсии исходных данных. Остальные факторы считаются незначимыми и в обработку не принимаются.

3.1.3 Метод сингулярного разложения матрицы

Метод сингулярного разложения матрицы является обобщением и развитием метода главных компонент.

Этот метод тесно связан со спектральным разложением симметричных неотрицательно определенных матриц $A^T \cdot A$ и $A \cdot A^T$ и основывается на следующем [4].

Для любой матрицы A размерностью $m \times n$ и ранга k существуют ортогональная матрица U размерностью $m \times m$, ортогональная матрица V размерностью $n \times n$ и диагональная матрица S размерностью $m \times n$ (т.е. такая матрица S , что $S_{i,j} \neq 0$) для всех $i = j$) такие, что

$$U^T \cdot A \cdot V = S, A = U \cdot S \cdot V^T$$

где S – диагональная матрица, содержащая сингулярные числа исходной матрицы A , определяющие значимость для описания полученных данных неких условных (неопределённых) факторов, являющихся, по сути, первопричиной наблюдаемого ДТП;

U – ортогональная матрица, состоящая из левых сингулярных векторов и устанавливающая связь между наблюдаемыми данными и факторами;

V – ортогональная матрица, состоящая из правых сингулярных векторов, а также устанавливающая связь между обобщёнными факторами и параметрами дорожной обстановки, рассматриваемыми в качестве возможных причин возникновения ДТП.

В методе главных компонент предусматривается формирование матрицы ковариаций исходной матрицы A , вычисление некоторого количества собственных

векторов при наибольших собственных числах, которые обеспечивают не менее 80% дисперсии исходных данных, и преобразование исходных признаков в новое признаковое пространство.

При сингулярном разложении также формируются собственные векторы матрицы ковариации, но, в данном случае, они формируют матрицу V . По сути, метод главных компонент аналогичен неполному сингулярному разложению исходной матрицы A . Отличие заключается в том, что не выполняется операция перевода исходного признакового пространства в новое с использованием собственных векторов весовых коэффициентов, входящих в состав матрицы V .

Применение факторного анализа связано с определённой условностью в выборе необходимого и достаточного для описания наблюдаемых данных количества факторов.

Для определения необходимого количества факторов часто используются два критерия. Первый – критерий Кайзера: число факторов равно числу компонент, собственные значения которых больше 1 [85]. Второй способ определения числа факторов – критерий отсеивания Р. Кеттелла, который требует построения графика собственных значений [86]. Количество факторов d в этом случае определяется приблизительно по точке перегиба на графике собственных значений до его выхода на пологую прямую после резкого спада.

Естественно, что при определении числа факторов, указанные критерии являются лишь примерным ориентиром. Окончательное решение о числе факторов принимается только после их интерпретации.

3.2 Анализ закономерностей возникновения ДТП в Белгородской области

Анализ закономерностей в возникновении ДТП проводился по информации, зарегистрированной в Белгородской области на протяжении 2015–2020 гг. Рассматривались два вида ДТП: наезд на пешехода и столкновение автомобилей. При этом происшествия в черте города и внегородских условий рассматривались по отдельности.

Обработка информации осуществлялась с применением программного обеспечения Python 3.8 [88] и библиотеки функций NumPy [89]. Рассмотрим результат анализа по каждому виду ДТП в отдельности.

3.2.1 Дорожно-транспортные происшествия, связанные с наездом на пешехода в городских условиях

Сингулярные числа разложения матриц признаков, зарегистрированных по годам, приведены на рисунке 3.1.

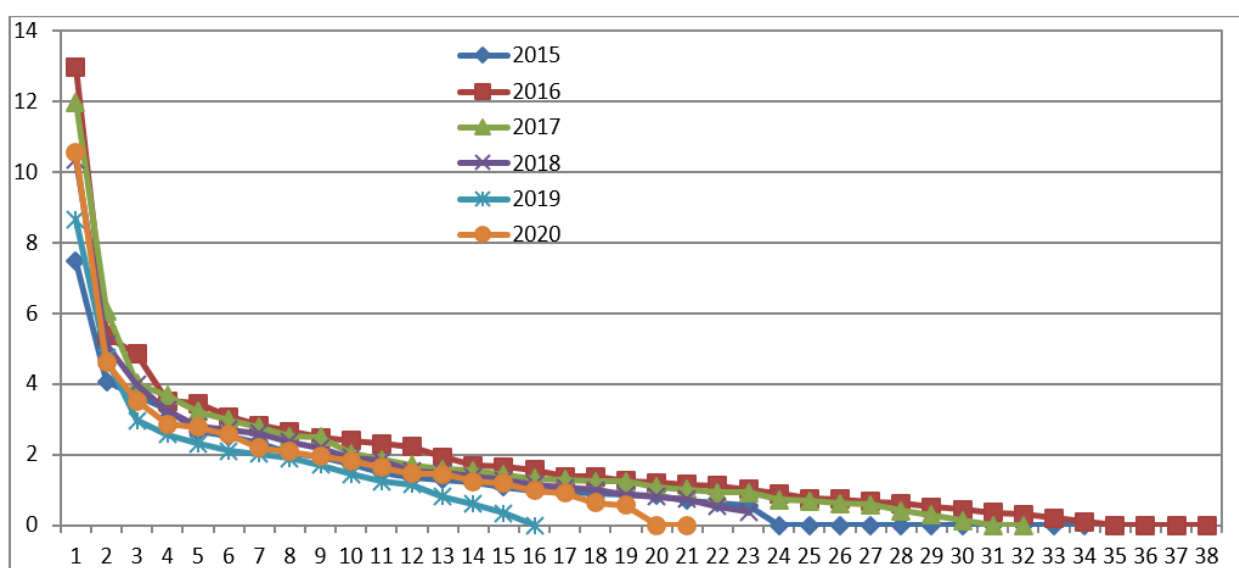


Рисунок 3.1 – Сингулярные числа разложения для матриц, показывающие влияние обобщенных факторов на наезд на пешехода в городских условиях

Из рисунка 3.1 видно, что основное влияние на полученные в каждом году результаты оказывает обобщённый первый фактор. В то же время, основываясь на критерии Кеттелла [6], можно считать, что рассмотрению подлежат также второй, третий и четвёртый факторы.

На рисунке 3.2 показаны параметры дорожной обстановки, формирующие первый фактор, определяющий наезд на пешехода в городе и тенденции изменения их вклада в этот фактор по годам. Как видно из рисунка основными параметрами являются следующие:

- «Горизонтальный участок» – на протяжении всех шести лет;
- «Обочины нет» – на протяжении всех шести лет;

- «Отсутствие недостатков транспортно-эксплуатационного состояния проезжей части» – на протяжении всего периода исследований;
- «Отсутствие или плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части» на протяжении 2015–2018 гг.;
- «Прямая в плане» – на протяжении всех шести лет;
- «Разделительная полоса отсутствует» – на протяжении всех шести лет;
- «Тротуар есть» – на протяжении всех шести лет;
- «Тротуара нет» – на протяжении всех шести лет;
- «УДС вблизи: Жилые дома индивидуальной застройки» – на протяжении всех шести лет.

В меньшей степени проявляют себя также следующие параметры:

- «Отсутствие освещения» – на протяжении всех шести лет;
- «УДС вблизи: Крупный торговый объект (являющийся объектом массового тяготения пешеходов и(или) транспорта)» – на протяжении всех шести лет;
- «УДС вблизи: Многоквартирные жилые дома» – на протяжении всех шести лет.

Вклад других параметров дорожной обстановки не имеет явно выраженных тенденций и носит локальный по времени характер.

Исходя из приведенных результатов, можно предположить, что первый фактор, оказывающий основное влияние на ДТП, связанное с пострадавшим пешеходом, связан с «расслабленностью» водителя на «якобы спокойном» участке трассы (горизонтальный участок, прямая в плане), особенно в условиях отсутствия или плохой видимости разметки в непосредственной близости от мест концентрации пешеходов [55 – 57].

Анализ второго фактора (рисунок 3.3), оказывающего значительно меньший вклад в наблюдаемые признаки, показывает, постоянно на протяжении всех шести лет исследований на наезд на пешеходов оказывают следующие параметры:

- «Обочины нет» – проявляет себя и в первом факторе;
- «Тротуар есть» – проявляет себя и в первом факторе;
- «УДС вблизи: Административные здания».

Эти данные подтверждают вывод, сделанный по результатам анализа первого фактора.

Третий и четвертый факторы (рисунки 3.4 и 3.5) показывают локальные по времени (не имеющие чётко выраженных тенденций) сочетания параметров дорожной обстановки и поэтому не являются информативными.

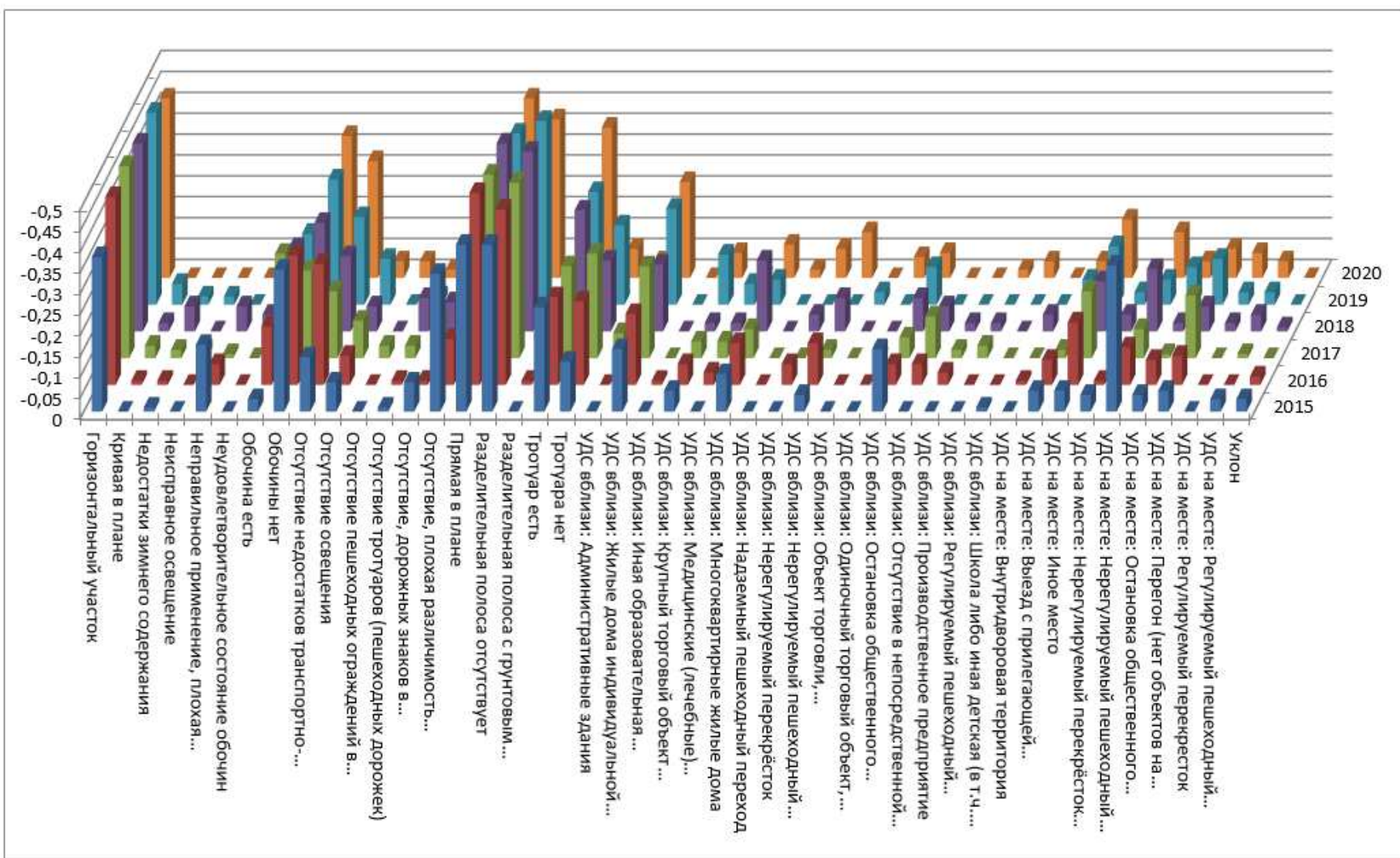


Рисунок 3.2 – Параметры дорожной обстановки, формирующие первый фактор наезда на пешехода в городе

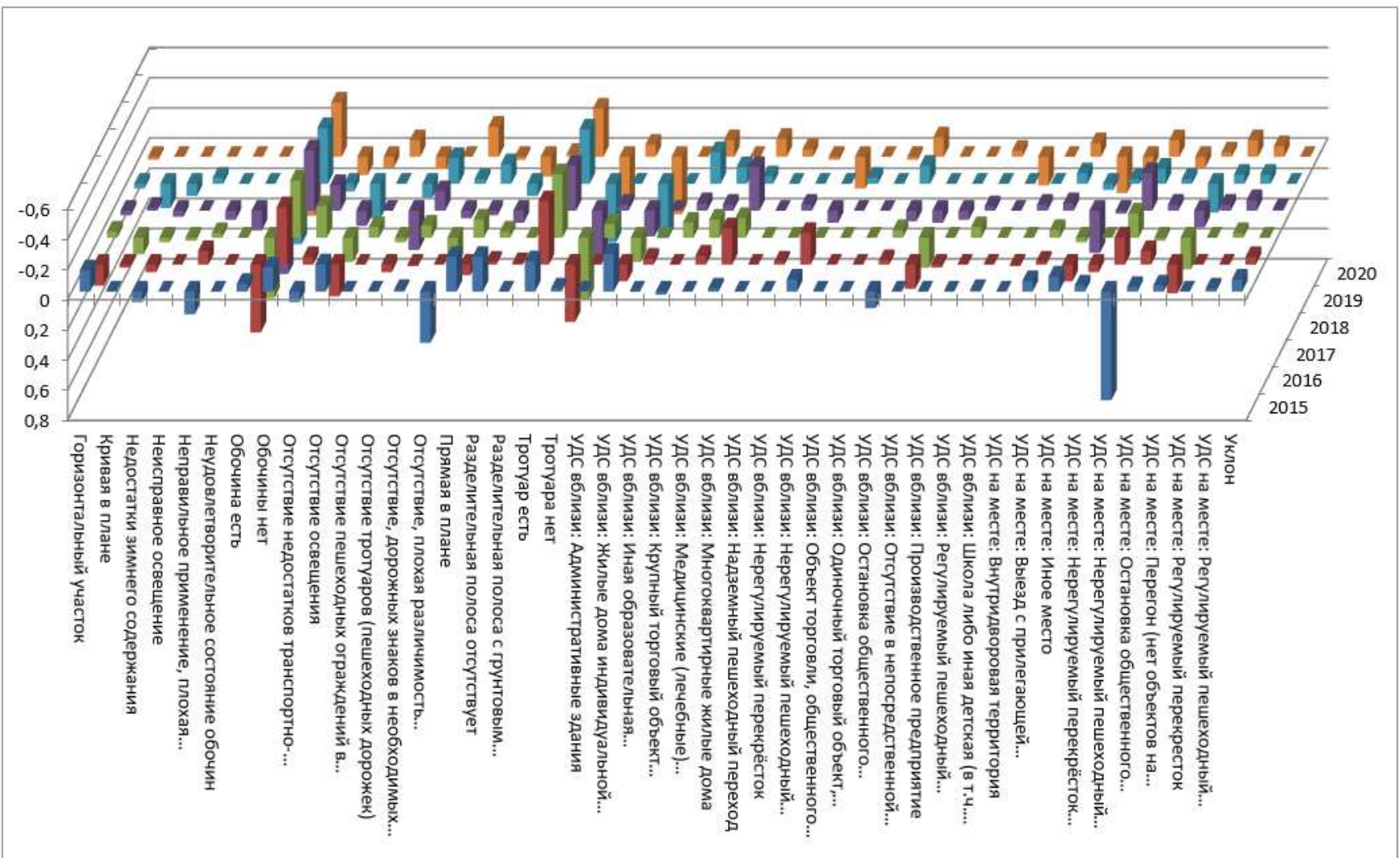


Рисунок 3.3 – Параметры дорожной обстановки, формирующие второй фактор наезда на пешехода в городе

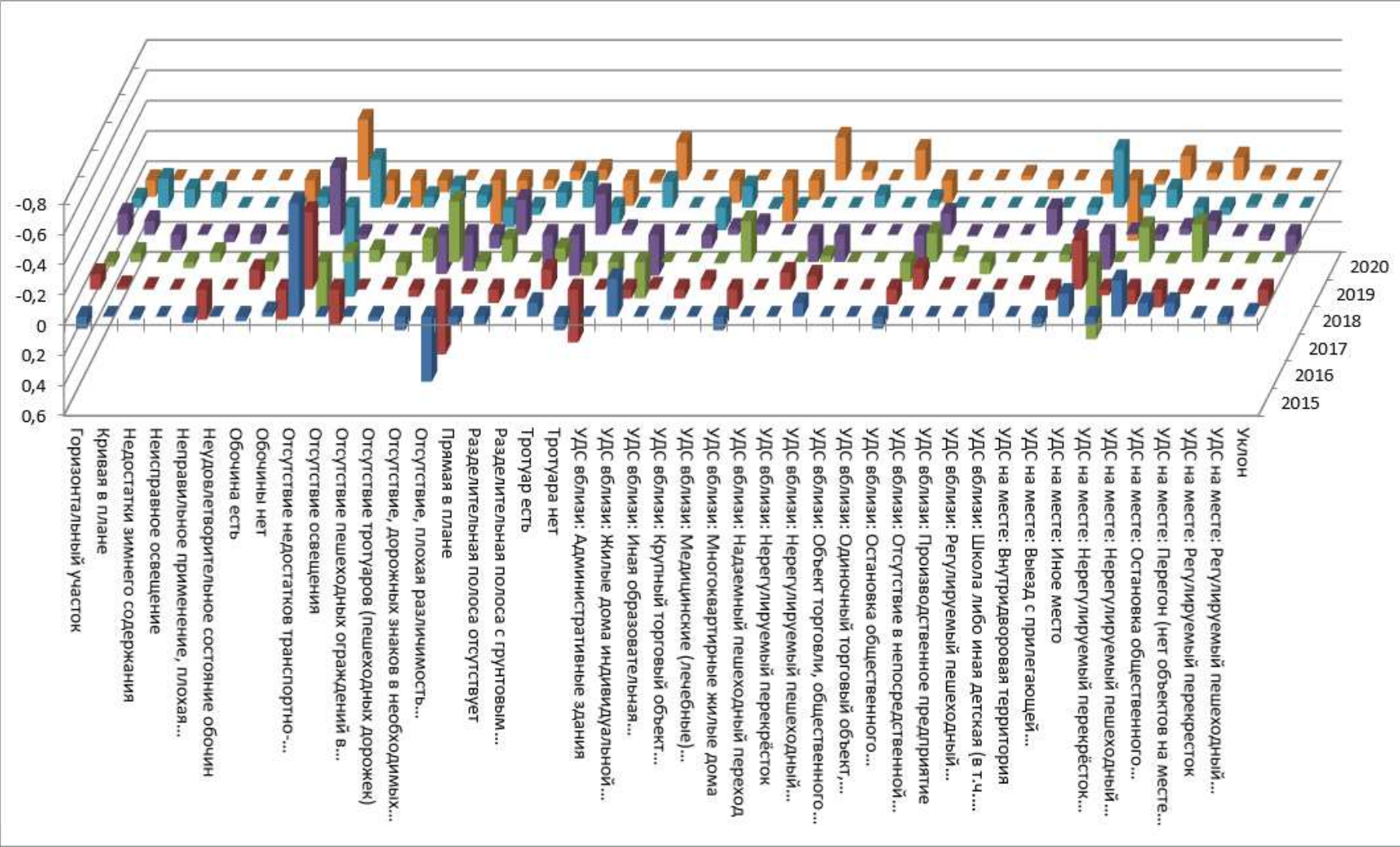


Рисунок 3.4 – Параметры дорожной обстановки, формирующие третий фактор наезда на пешехода в городе

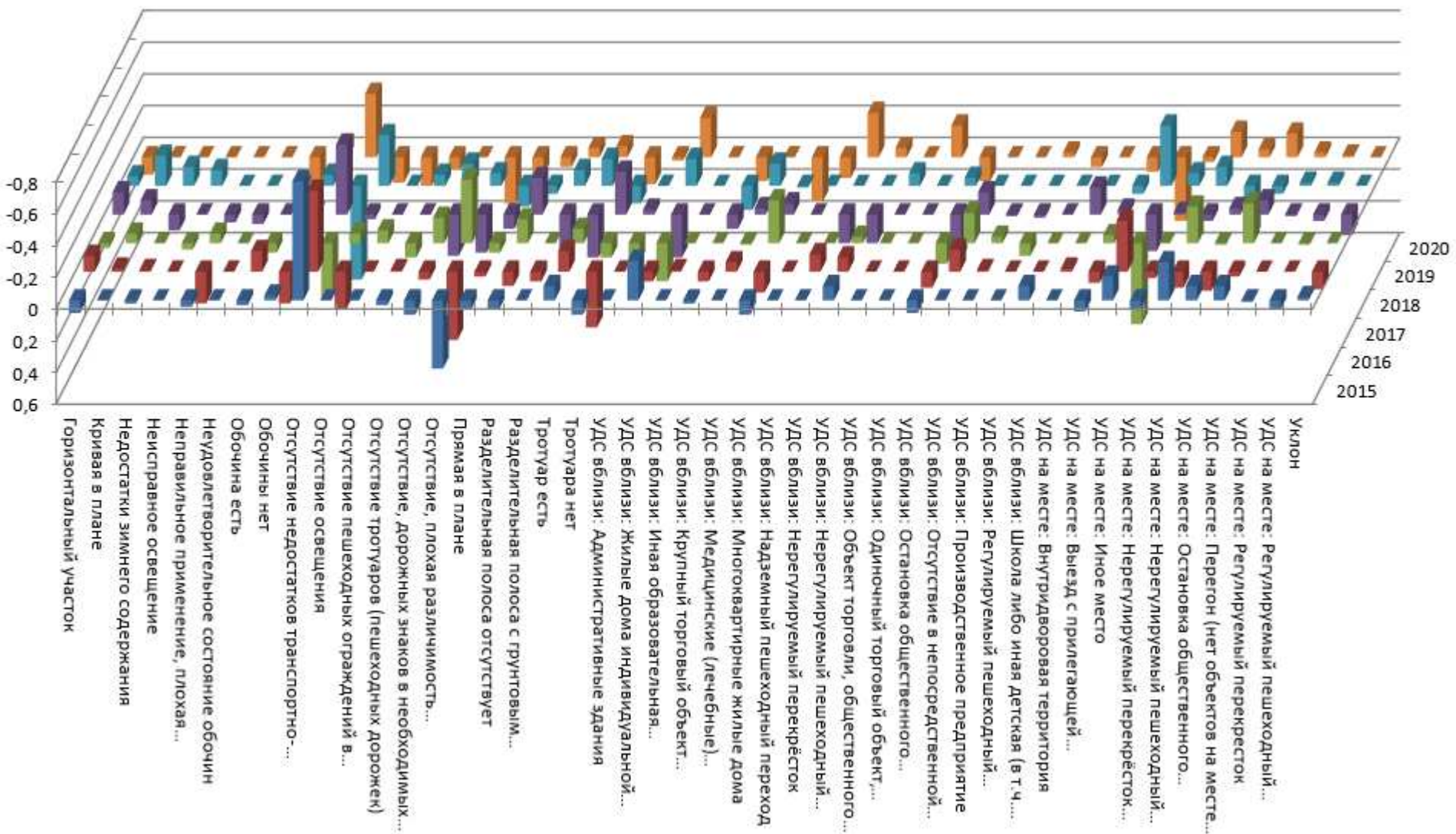


Рисунок 3.4 – Параметры дорожной обстановки, формирующие четвертый фактор наезда на пешехода в городе

3.2.2 Дорожно-транспортные происшествия, связанные с наездом на пешехода за городом

Сингулярные числа разложения матриц признаков, зарегистрированных по годам, приведены на рисунке 3.6.

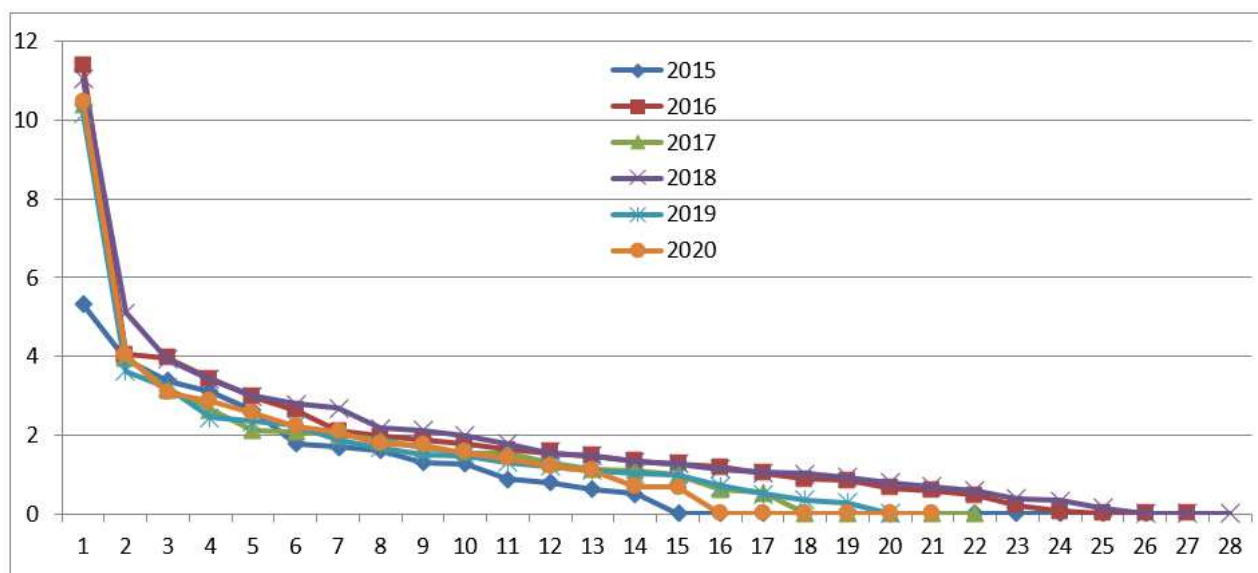


Рисунок 3.6 – Сингулярные числа разложения для матриц, показывающие влияние обобщённых факторов на наезд на пешехода за городом

На рисунках 3.7–3.10 показаны параметры дорожной обстановки, формирующие четыре фактора, определяющие наезд на пешехода за городом, и тенденции изменения их вклада в этот фактор по годам.

В целом вывод, полученный в результате анализа наезда на пешеходов вне города, в основном совпадает с выводом, сделанным в результате анализа аналогичных ДТП в городских условиях – ДТП происходят на участках трассы явно невызывающих беспокойства водителей. Отсутствие в составе факторов (как видно из рисунков) таких параметров, как места концентрации пешеходов, вполне объяснимо с учётом низкой плотности населения вне города.

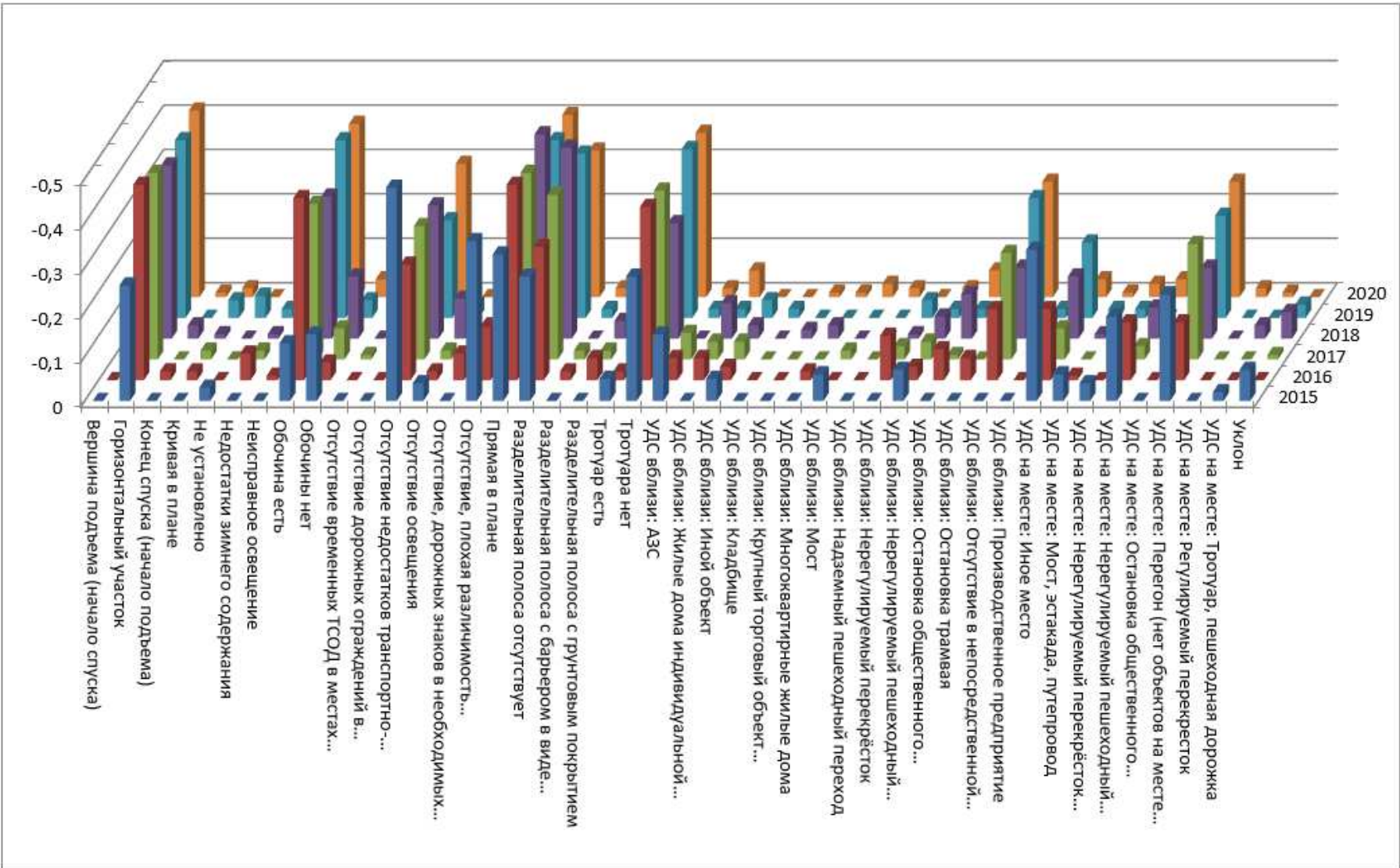


Рисунок 3.7 – Параметры дорожной обстановки, формирующие первый фактор наезда на пешехода вне города

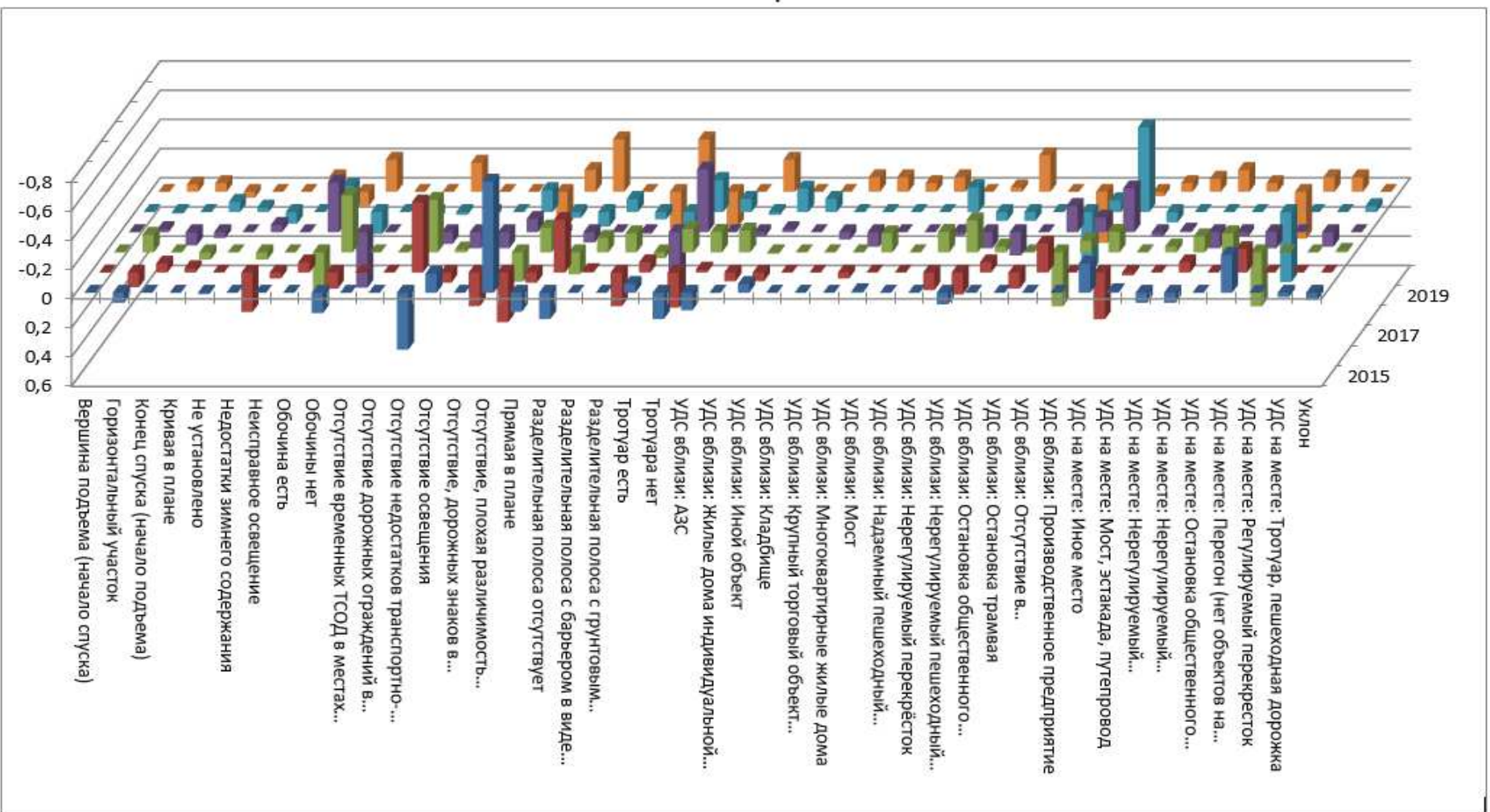


Рисунок 3.8 – Параметры дорожной обстановки, формирующие второй фактор наезда на пешехода вне города

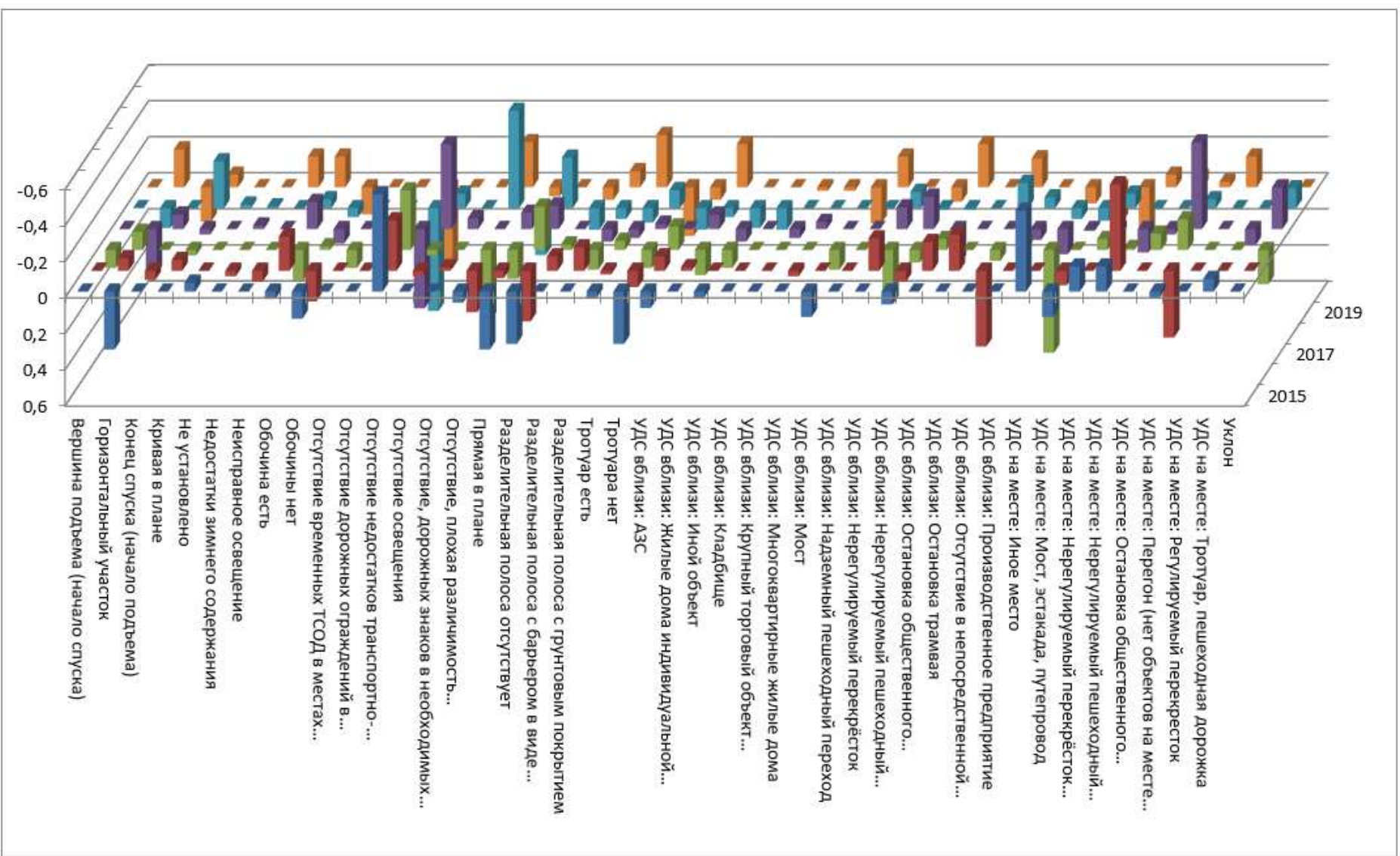


Рисунок 3.9 – Параметры дорожной обстановки, формирующие третий фактор наезда на пешехода вне города

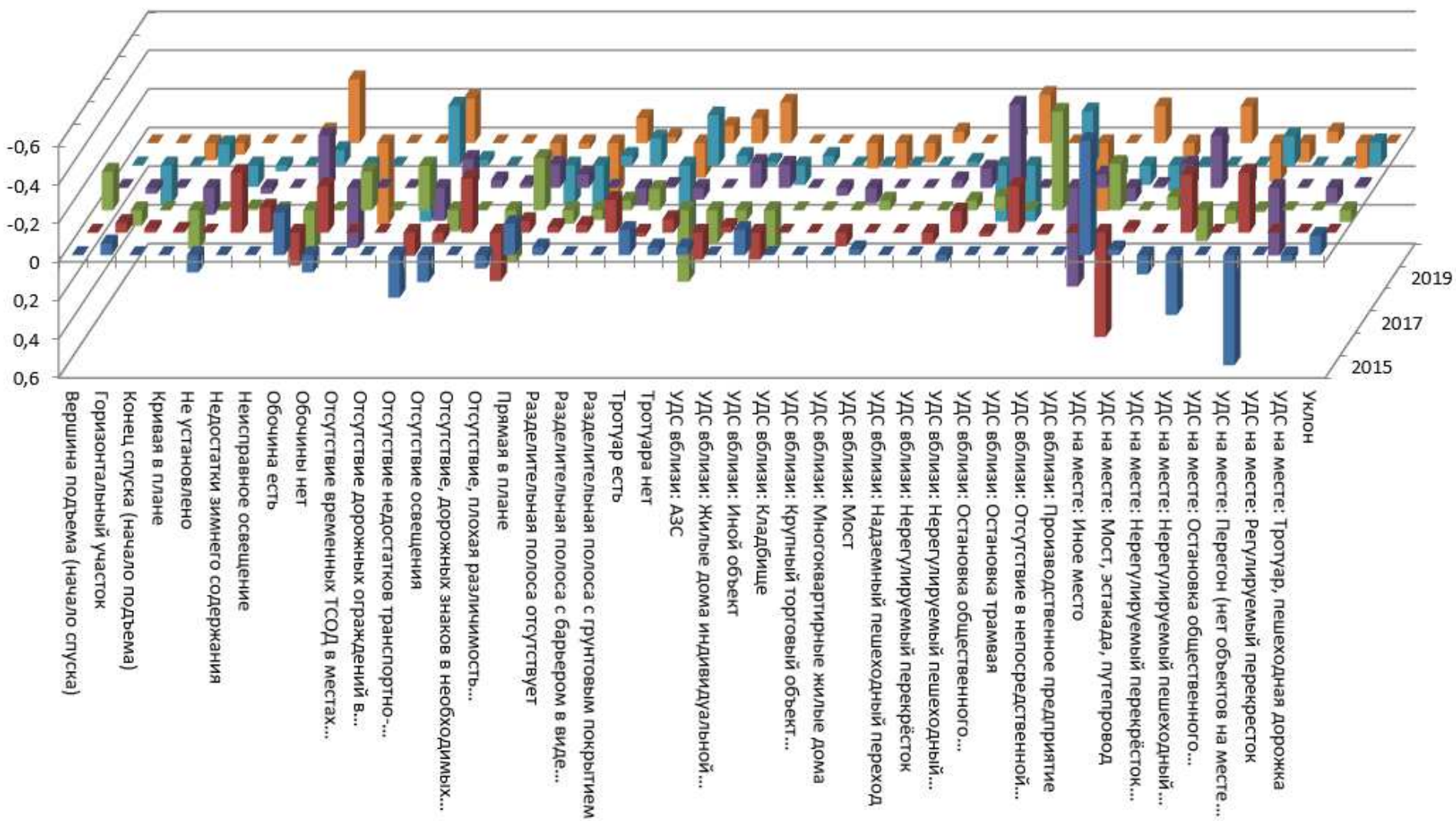


Рисунок 3.7 – Параметры дорожной обстановки, формирующие четвертый фактор наезда на пешехода вне города

3.2.3 Дорожно-транспортные происшествия, связанные со столкновениями автомобилей в городе

Сингулярные числа разложения матриц признаков, зарегистрированных по годам, приведены на рисунке 3.11.

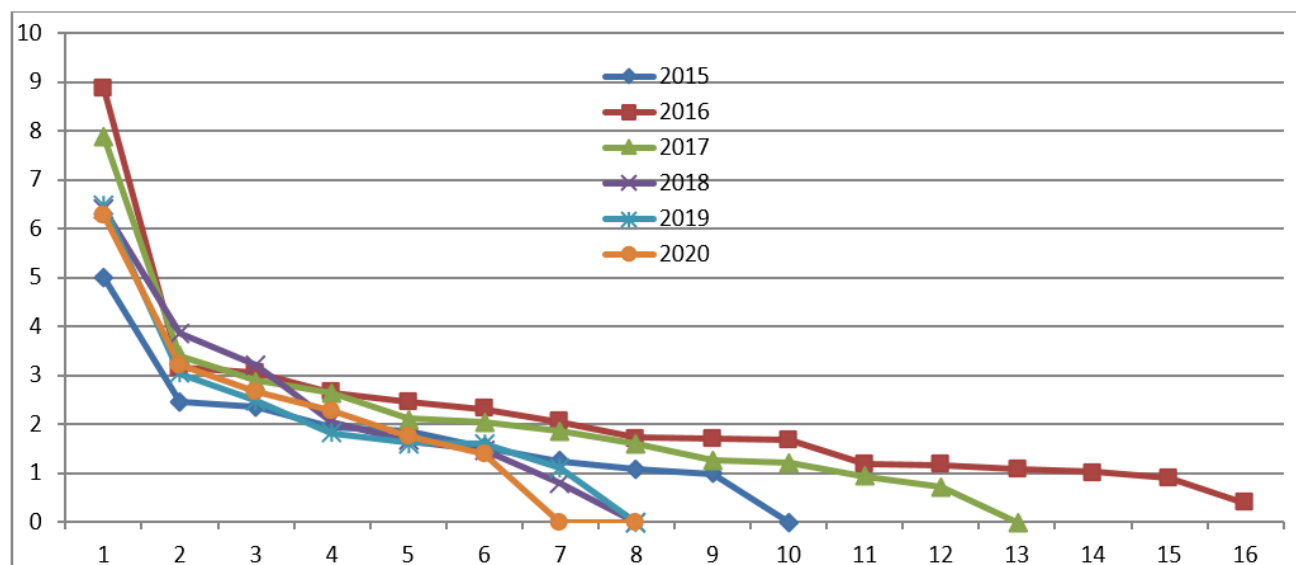


Рисунок 3.11 – Сингулярные числа разложения для матриц, показывающие влияние обобщённых факторов на столкновение автомобилей в городских условиях

Так же как и при анализе ДТП, с выявленным наездом на пешехода [13], первый фактор оказывается определяющим и, соответственно, параметры обстановки его определяющие и являются основными условиями, при которых происходят подобные ДТП. На рисунках 3.12–3.15 приведены параметры дорожной обстановки, определяющие первые четыре фактора, связанные со столкновениями в городской черте.

Как видно из рисунков столкновения происходят на горизонтальных прямолинейных участках при отсутствии недостатков транспортно-эксплуатационного состояния проезжей части, но с отсутствием или плохой видимостью разделительной полосы. Дополнительными условиями столкновений являются наличие «УДС вблизи: Жилые дома индивидуальной застройки» и «УДС на месте: Нерегулируемый перекрёсток неравнозначных улиц (дорог)».

Столкновения происходят как при наличии, так и при отсутствии обочины, наличии или отсутствии тротуара. То есть эти факторы никоим образом не являются определяющими такого вида ДТП и могут быть исключены из рассмотрения.

Второй, третий и четвёртый факторы не показывают какой-либо детерминированности и явно отражают случайный характер происшествий.

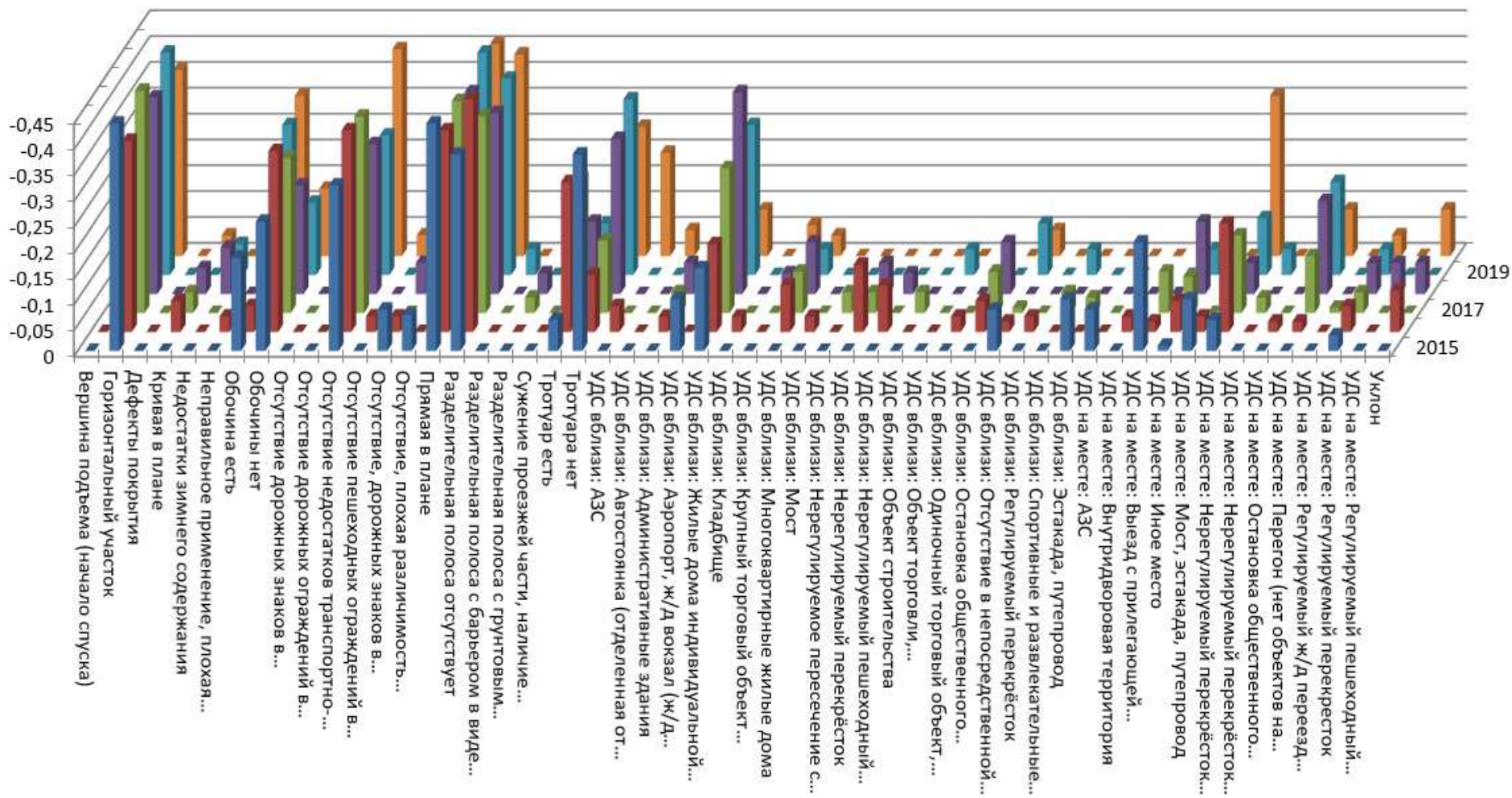


Рисунок 3.12 – Параметры дорожной обстановки, формирующие первый фактор столкновения автомобилей в городе

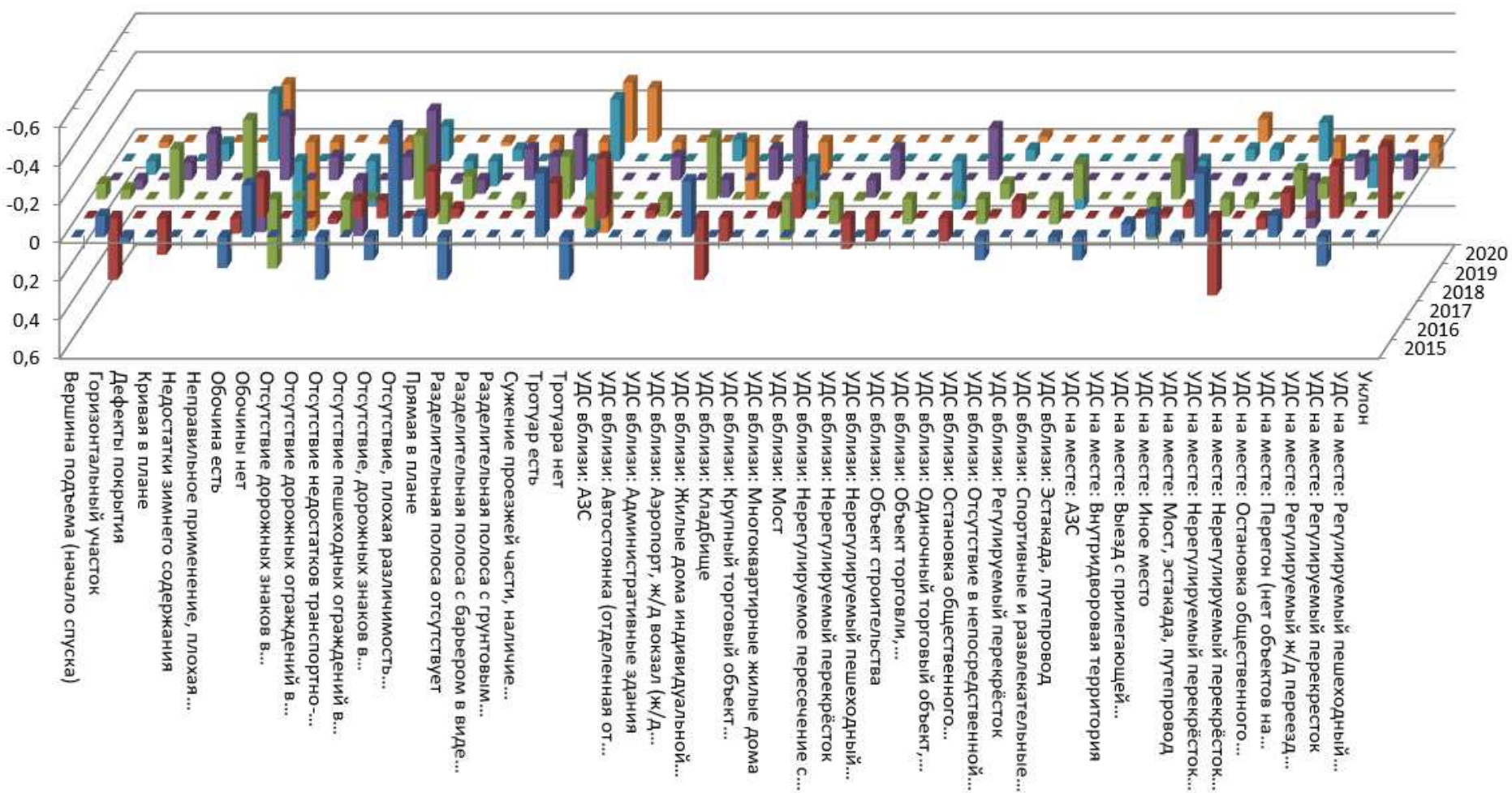


Рисунок 3.13– Параметры дорожной обстановки, формирующие второй фактор столкновения автомобилей в городе

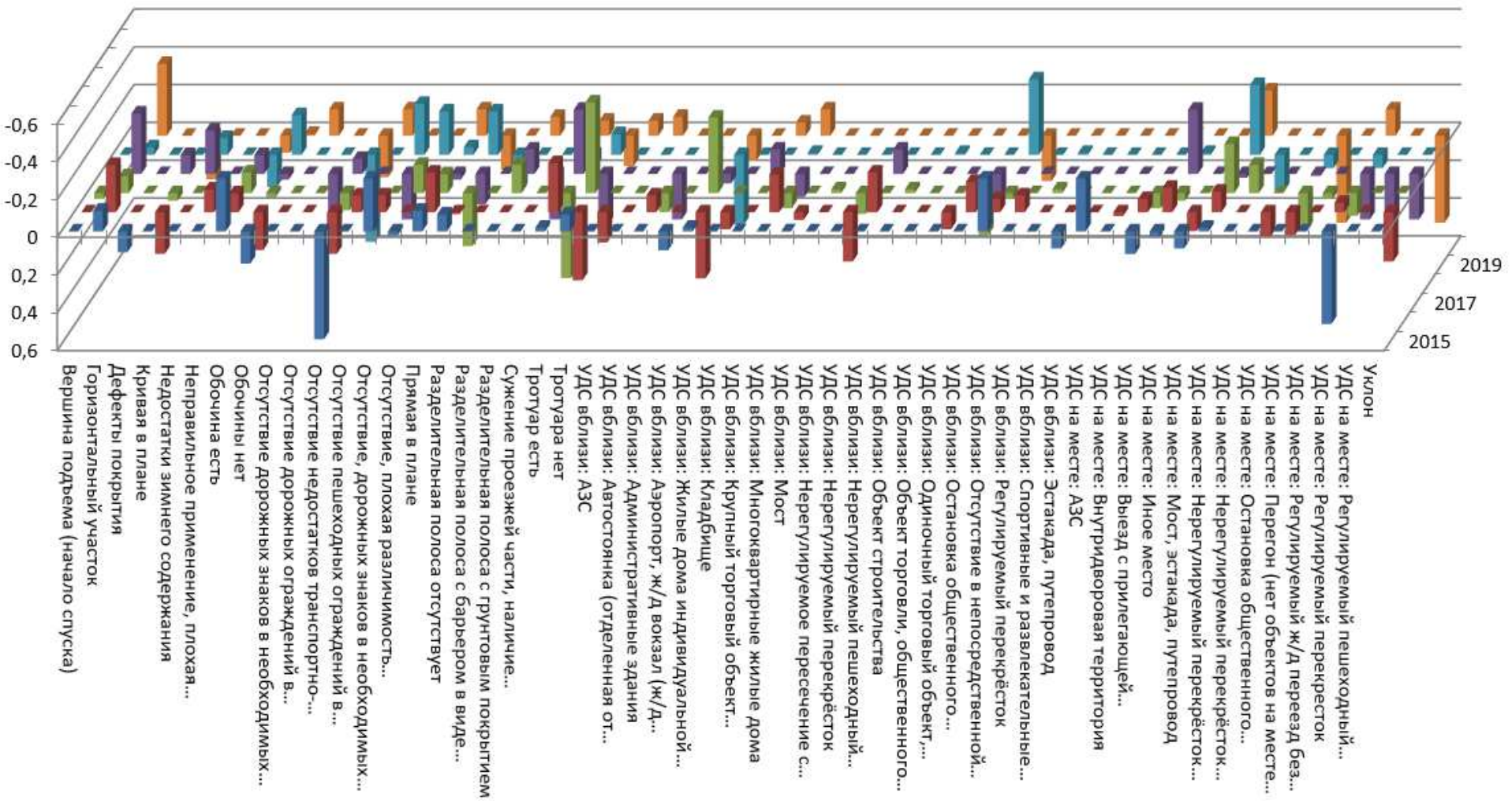


Рисунок 3.14 – Параметры дорожной обстановки, формирующие третий фактор столкновения автомобилей в городе

3.2.4 Дорожно-транспортные происшествия, связанные со столкновениями автомобилей вне города

Сингулярные числа разложения матриц признаков, зарегистрированных по годам, приведены на рисунке 3.16.

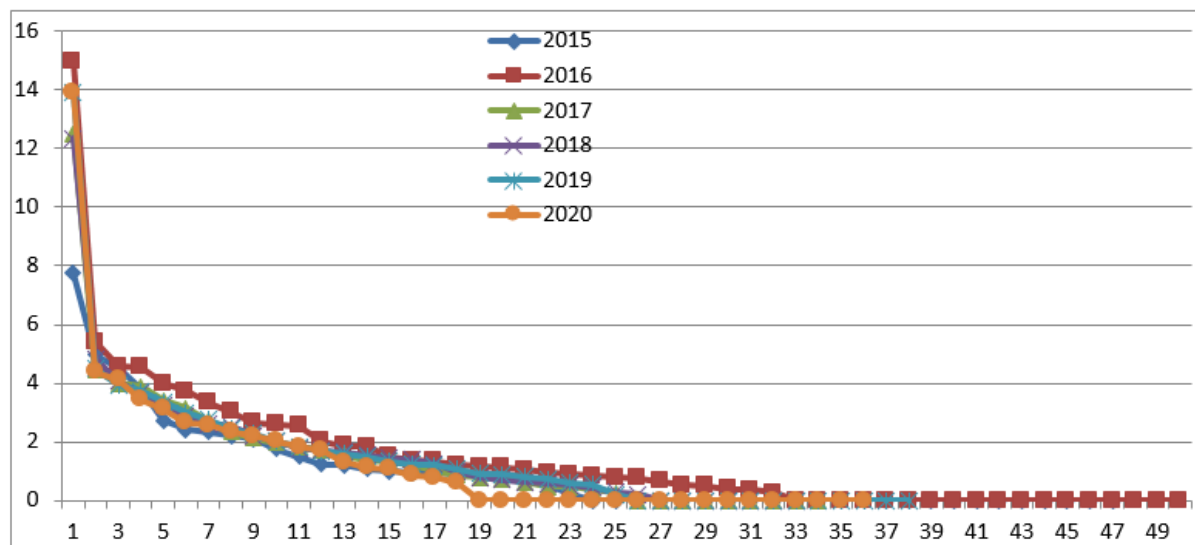


Рисунок 3.16 – Сингулярные числа разложения для матриц, показывающие влияние обобщённых факторов на столкновение автомобилей вне города

Как видно из рисунка наблюдаемый результат практически полностью описывается первым обобщённым фактором. Остальные факторы проявляют себя в гораздо меньшей степени, но примерно на одном уровне. На рисунках 3.17–3.20 приведены параметры дорожной обстановки, определяющие первые четыре фактора, связанные со столкновениями автомобилей за городом.

Так же как при других проанализированных видах ДТП основное влияние оказывают следующие факторы (рис. 3.17):

- «Горизонтальный участок» – на протяжении всех шести лет;
- «Обочина есть» – на протяжении всех шести лет;
- «Отсутствие недостатков транспортно-эксплуатационного состояния проезжей части» – на протяжении всех шести лет;
- «Прямая в плане» – на протяжении всех шести лет;
- «Разделительная полоса отсутствует» – на протяжении всех шести лет.

Наряду с этим отмечаются параметры, явно не оказывающие влияния на результат, не отягчающие его, или вполне характерные для загородной территории:

- «УДС вблизи: Отсутствие в непосредственной близости объектов УДС и объектов притяжения» – на протяжении всех шести лет;
- «УДС на месте: Перегон (нет объектов на месте ДТП)» – на протяжении всех шести лет;
- «Тротуара нет» – на протяжении всех шести лет (что не удивительно вне города).

Также следует отметить явное снижение со временем влияния такого параметра, как «Отсутствие, плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части» [41]. Его влияние неуклонно снижалось, начиная с 2015 г., до полного исчезновения в 2020 г.

Второй, третий и четвёртый факторы (рисунки 3.18–3.20) демонстрируют случайное проявление различных параметров в наблюдаемых результатах.

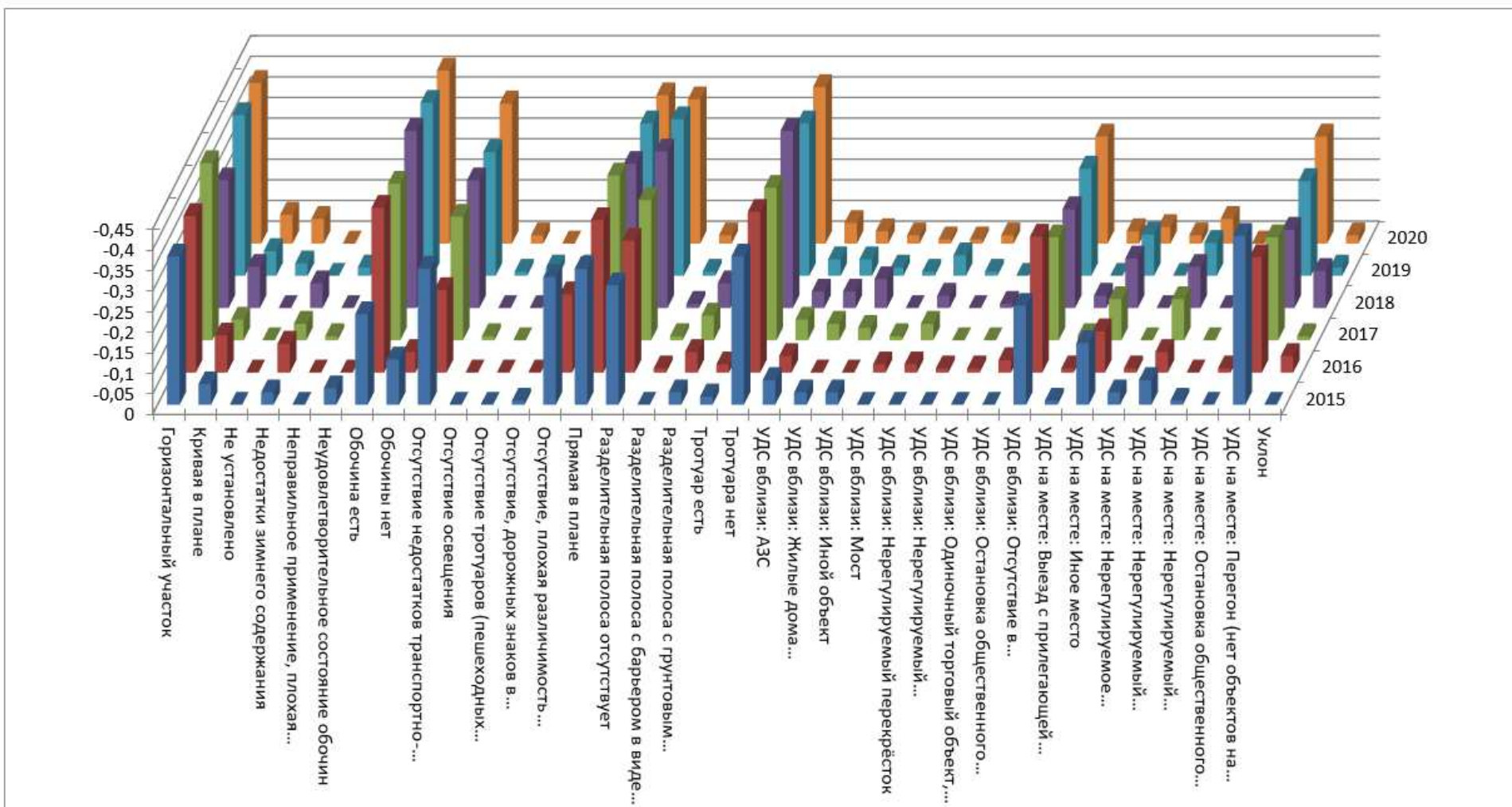


Рисунок 3.17 – Параметры дорожной обстановки, формирующие первый фактор столкновения автомобилей вне города

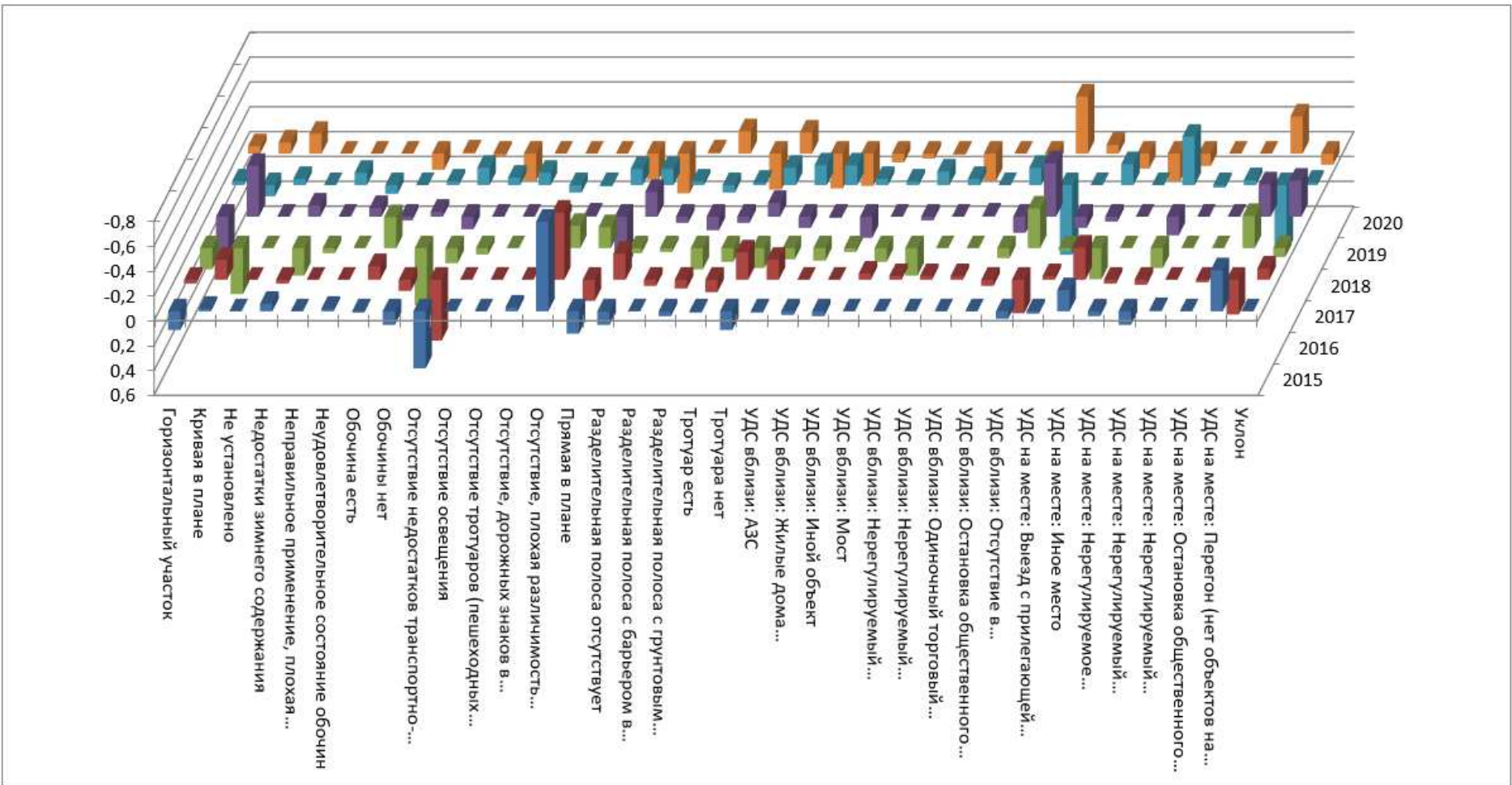


Рисунок 3.18 – Параметры дорожной обстановки, формирующие второй фактор столкновения автомобилей вне города

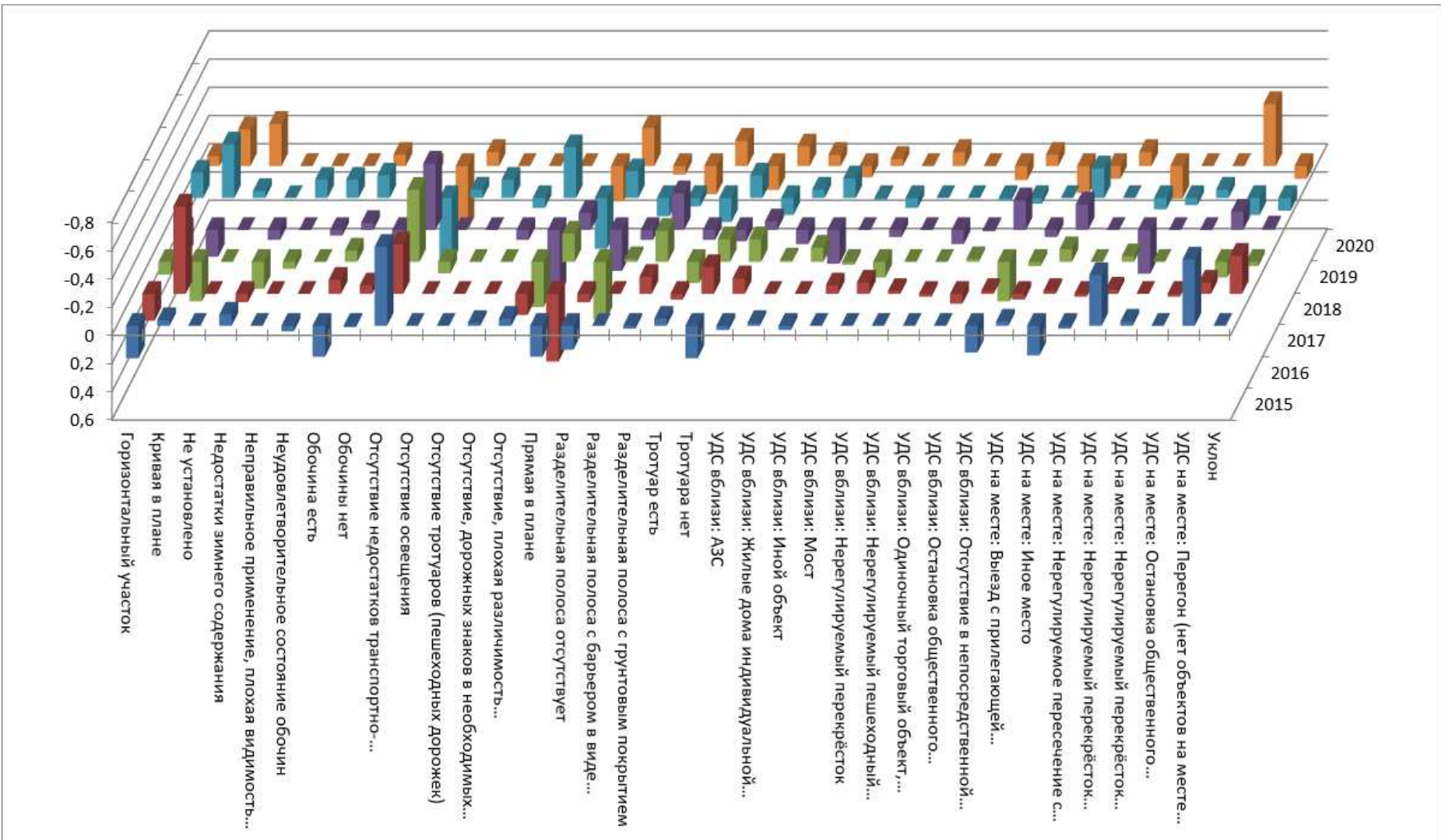


Рисунок 3.19 – Параметры дорожной обстановки, формирующие третий фактор столкновения автомобилей вне города

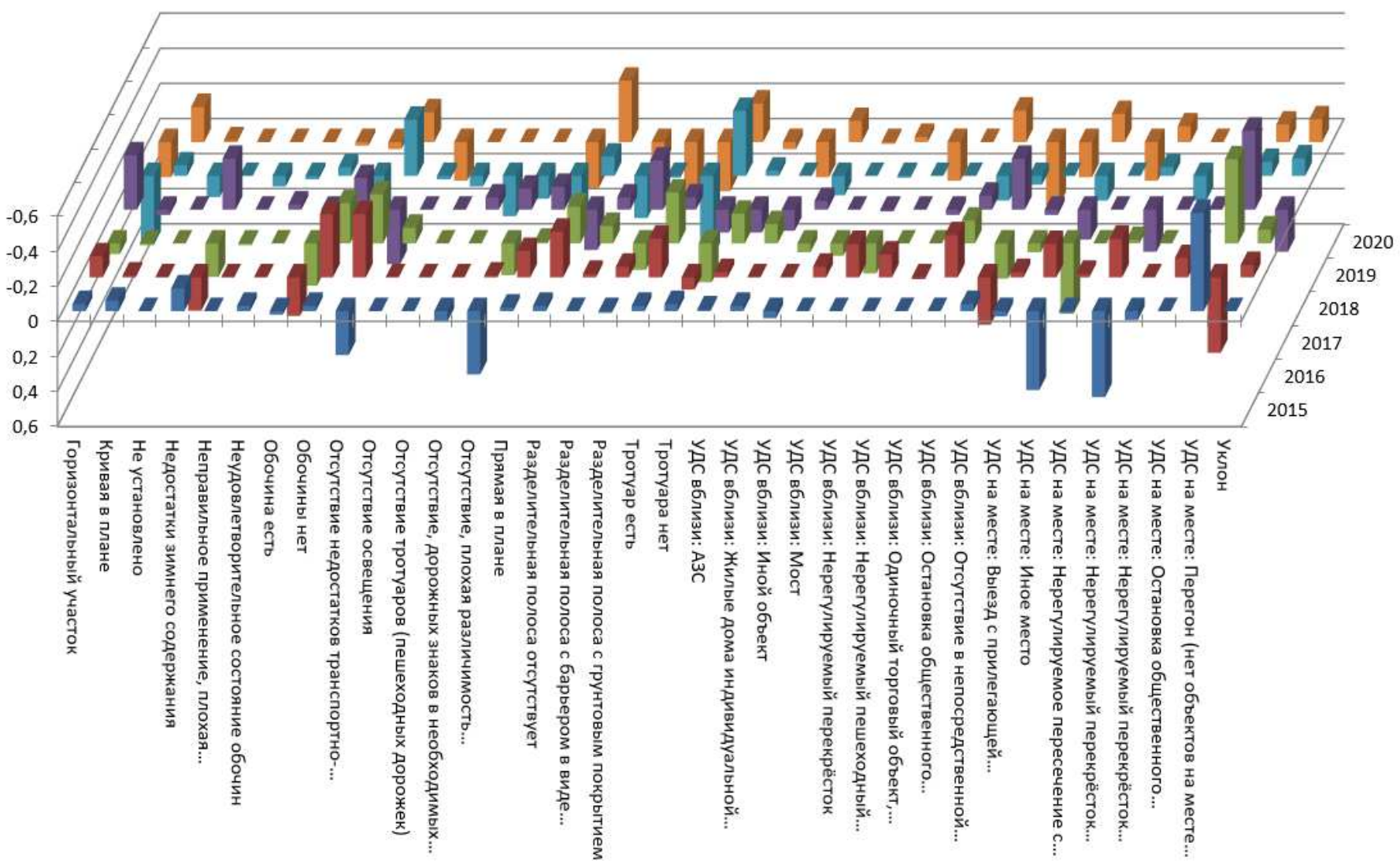


Рисунок 3.20 – Параметры дорожной обстановки, формирующие четвёртый фактор столкновения автомобилей вне города

3.3 Формирование ГИС

На сегодняшний момент цифровой двойник местности [25,27, 59], в том числе граф дорог, стал основой от систем навигации до маркетинговых исследований. Основываясь на необходимом наборе данных (на результаты SVD разложения) для анализа, был выбран граф дорог от фирмы NEXTGIS (<https://data.nextgis.com/ru/region/RU-BEL/>), содержащий следующие данные, представленные на рисунке 3.21.

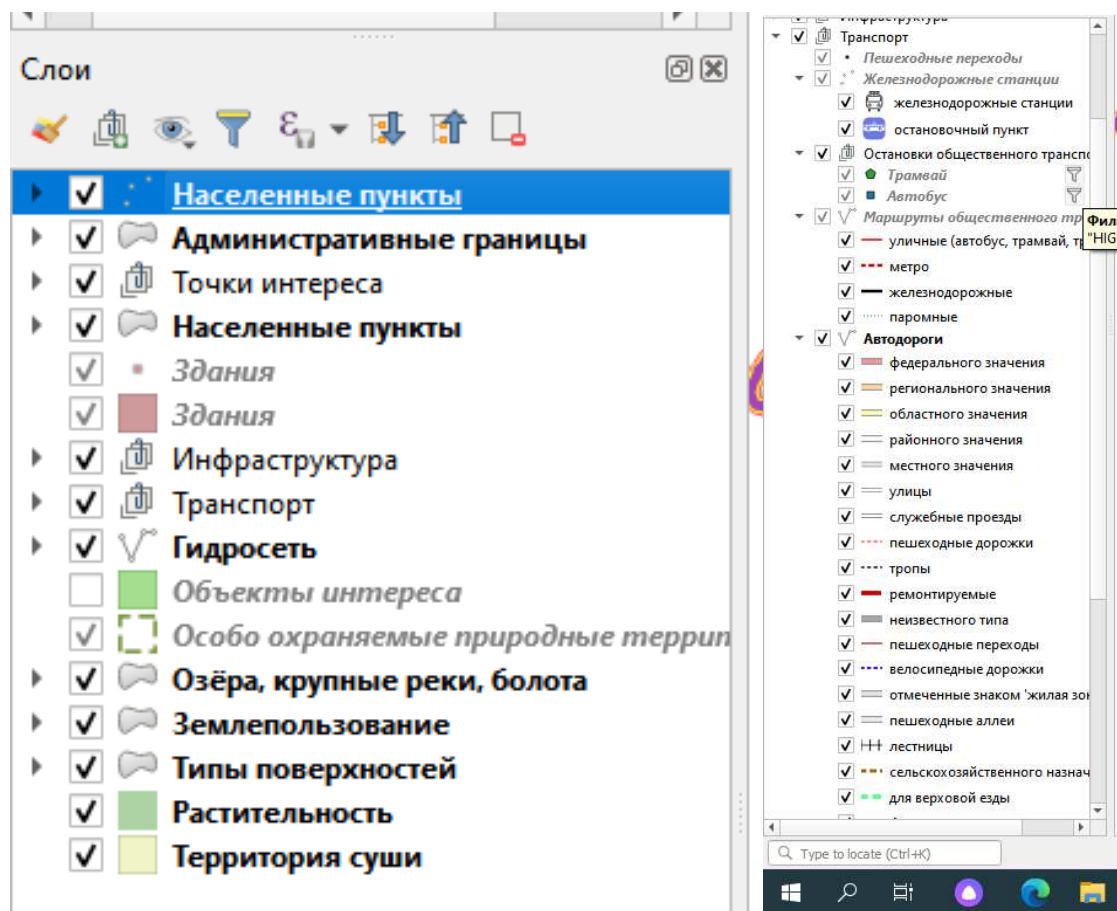


Рисунок 3.21 – Слои ГИС, предоставляемые фирмой NextGIS

При этом граф дорог [61 – 65] охватывает все дороги общего пользования, пешеходные связи и переходы, остановки общественного транспорта и т.п. Атрибутивная информация [66 – 71], содержащаяся в описании графа дорог, позволяет настроить фильтры или произвести другие действия, которые будут описаны ниже, для выявления всех участков дорог, присутствующих в модели, представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Атрибутивная информация, содержащаяся в описании графа дорог

	Автодороги	line	highway-lines
REF	официальное название (обозначение) дороги		
HIGHWAY	классификация дороги		primary, trunk, secondary, tertiary, footway, residential, etc
ONEWAY	односторонняя дорога		1 или true обозначает движение в направлении линии, 0 или false - движение в обратном направлении, пустое поле - двухсторонняя дорога
BRIDGE	мост		
TUNNEL	туннель		
MAXSPEED	официально разрешенная максимальная скорость		
LANES	количество полос		
WIDTH	ширина проезжей части		
SURFACE	покрытие		asphalt, gravel, paved, unpaved, pebblestone, ground, etc
	Пешеходные переходы	point	highway-crossing-point
HIGHWAY	Признак пешеходного перехода		
CROSSING	Тип пешеходного перехода		uncontrolled, unmarked, traffic_signal
CROSSING_R	Код пешеходного перехода		

Для создания 3-мерного отображения транспортной инфраструктуры была использована цифровая модель рельефа [28,29] от этой же фирмы, и спроецирован граф дорог на соответствующий рельеф, представленный на рисунке 3.22.

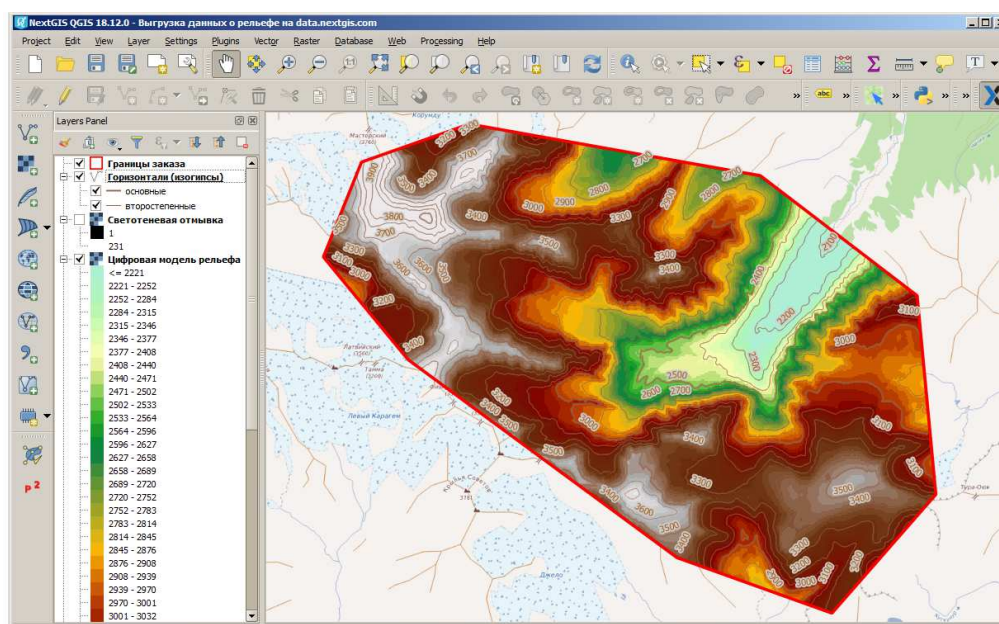


Рисунок 3.22 – Цифровая модель местности

В начале была осуществлена проверка корректности данных, введённых в систему. Как показал анализ, представленный на рисунке 3.25, некоторые ДТП по координатам находились за пределами Белгородской области.

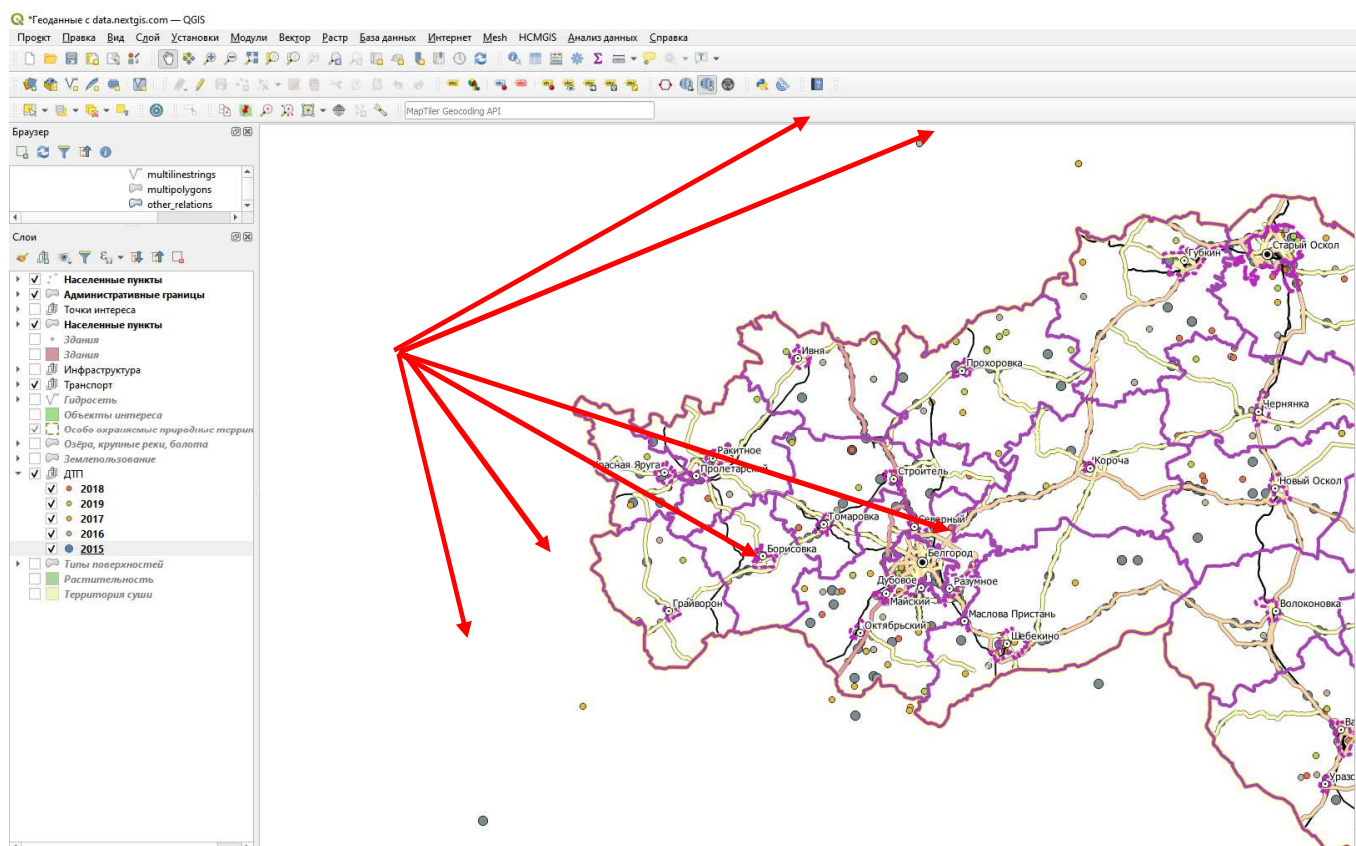


Рисунок 3.25 – Выявление некорректных данных по геодезической привязке мест ДТП





В исходном файле графа дорог содержатся данные о всех дорогах общего пользования, в том числе дворовых проездах, служебных и сельхозназначения.

3.3.1 Геообработка графа дорог

На первом этапе была осуществлена фильтрация по признакам классификации дорог, принятой в ГИС, представленная в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Атрибутивная информация для классификации дорог и улично-дорожной сети определенной в информационной модели

Наименование 1	Наименование 2	Обозначение	Описание
highway	motorway		<p>Автомобильные дороги, имеющие многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой, и не имеющие пересечений в одном уровне с другими автомобильными и железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками.</p> <p>По умолчанию — односторонняя дорога (т.е. каждое направление рисуется отдельно), если же оба направления нарисованы одной линией, то необходимо добавить oneway=no.</p> <p>Этим тегом следует обозначать только автомагистрали уровня trunk (часть связанной опорной сети государства), для прочих автомагистралей и дорог для автомобилей следует использовать highway=primary/secondary/tertiary/unclassified + motorroad=yes.</p>
highway	trunk		<p>Важные дороги, не являющиеся автомагистралями</p> <ul style="list-style-type: none"> автомобильные дороги входящие в Европейские маршруты автомобильные дороги входящие в Международную азиатскую сеть автомобильные дороги федерального значения, межрегиональные трассы, формирующие <i>опорную сеть автодорог</i> страны: <ul style="list-style-type: none"> дороги, по которым идёт дальний основной и грузовой межрегиональный трафик дороги, последовательно соединяющие несколько крупных городов региона дороги к международным аэропортам и крупным портам <p>Сеть дорог класса trunk должна быть связанной в пределах всей страны, следовательно:</p> <ul style="list-style-type: none"> дорога класса trunk не должна прерываться внутри населённых пунктов (если это единственный транзитный маршрут) дорога класса trunk может начинаться и заканчиваться только внутри крупных населённых пунктов, соединяясь с дорогами класса не ниже primary
highway	primary		<p>Автомобильные дороги регионального значения, соединяющие города и/или областные центры, дороги межрегионального значения, не являющиеся trunk.</p> <p>В населённых пунктах — центральные магистрали городов (в небольших населённых пунктах могут отсутствовать).</p>

Наименование 1	Наименование 2	Обозначение	Описание
highway	secondary		<p>Автомобильные дороги областного значения, соединяющие областные центры с крупными населёнными пунктами (районными центрами), а также крупные населённые пункты между собой.</p> <p>В населённых пунктах — основные магистрали районов города (в небольших населённых пунктах могут отсутствовать).</p>
highway	tertiary		<p>Более важные автомобильные дороги среди прочих автомобильных дорог местного значения, например соединяющие районные центры с сёлами, а также несколько сёл между собой.</p> <p>В населённых пунктах — основные микрорайонные или межмикрорайонные транзитные улицы.</p>
highway	unclassified		<p>Остальные автомобильные дороги местного значения, образующие соединительную сеть дорог.</p> <p><i>Не следует использовать данный тег в случае, если неизвестно, является ли линия дорогой и требуется дополнительное изучение, для этого используйте тег highway=road</i></p> <p>В населённых пунктах — обычные мелкие улицы/переулки с преимущественно нежилыми строениями вдоль улицы и проезды, по которым осуществляется движение транспортных средств к дорогам, обозначенным тегами highway=residential и highway=living_street</p> <p>По результатам обсуждения на форуме ствольной дворовый проезд (если хочется его выделить от нестволового, т.е. дворового проезда более низкого порядка) предложено обозначать как highway=unclassified + living_street=yes</p>
highway	residential		<p>Дороги, которые проходят внутри жилых зон, а также используются для подъезда к ним. В основном используется теми людьми, которые живут на этой улице или на примыкающей. Обычно имеют название. Не обозначены дорожными знаками 5.21 и 5.22 "Жилая зона". Транзитный проезд не приветствуется.</p> <p>По результатам обсуждения на форуме именованную улицу, отмеченную знаком жилая зона предложено обозначать как highway=residential + living_street=yes</p>

Таким образом, из 82 804 объектов выбрано 28 968, которые относятся к дорогам общего пользования. В общем случае запрос фильтрации выглядит следующим образом:

"HIGHWAY" = 'track' OR "HIGHWAY" = 'tertiary' OR "HIGHWAY" = 'trunk' OR "HIGHWAY" = 'primary' OR "HIGHWAY" = 'secondary' OR "HIGHWAY" = 'road'

Поскольку граф дорог выполнен в виде полилиний, согласно требованиям систем навигации, то на этой стадии записывается атрибутивное описание сети дорог, включающее информацию о связанности графа для решения навигационных и поисковых задач. Однако в нашем случае необходимо разорвать связанность графа для выявления отдельных его элементов, согласно SVD разложению. Для разрыва дорог общего пользования копируем слой дорог и используя инструмент QGIS – взорвать линии было произведено рассечение дороги в узлах. После чего производится фильтрация по длине участков, определенных в SVD модели, т. е. были выявлены перегоны протяженностью от 600 до 1700 м.

С этой целью граф дорог был упрощен за счет следующих действий.

1. Для описания графа дорог используются полилинии с узлами в пересечениях и криволинейных участках. С целью выявления прямолинейных составляющих каждой дороги полилинии, описывающие дорожную сеть, были рассечены в узлах.



2. После чего была проведена фильтрация по протяженности участка.



Примененный фильтр имеет следующий вид:

```
"length" >= 600 AND "length" <= 1800
```

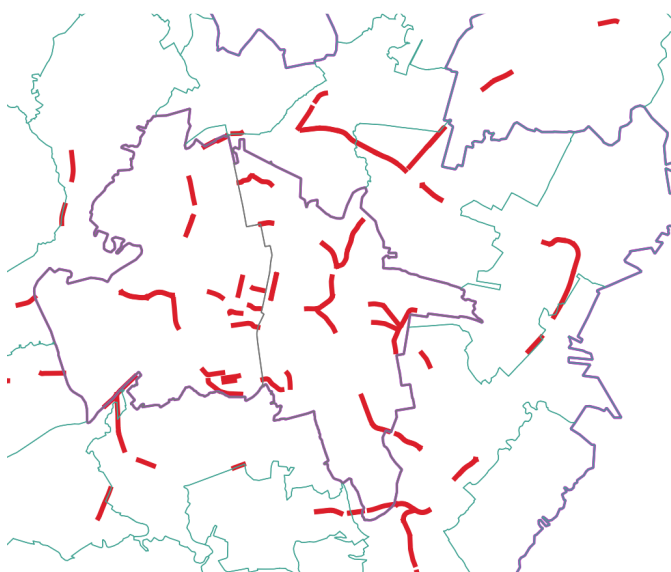
В итоге сформирована область отрезков с их численностью 90 677 участков.

3. Согласно статистическим данным, наиболее опасны дороги с двумя полосами, на них и сосредоточим основное внимание. То есть применим фильтр

```
"LANES" = '2' AND "SURFACE" = 'asphalt',
```

 который даст соответствующую выборку, а заодно и выберет только дороги с асфальтобетонным покрытием.

В итоге получен следующий картографический материал

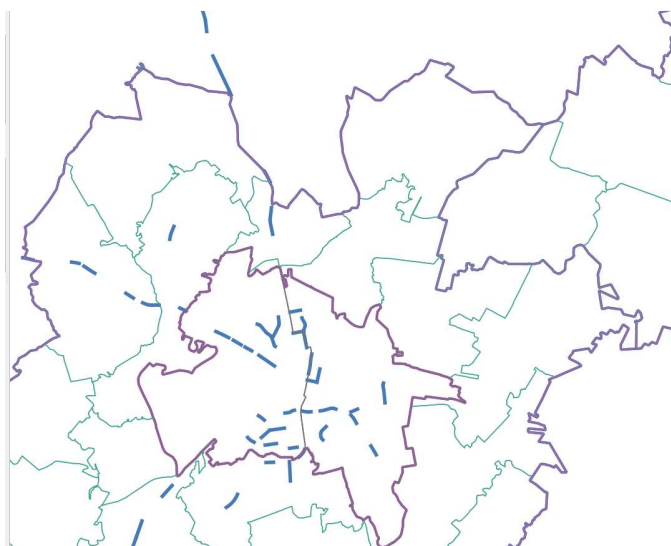


В данной выборке содержится 7 122 участка.

4. Для выявления участков возможного ДТП с участием пешеходов, необходимо выявить наличие на отфильтрованных участках пешеходных переходов. ГИС содержит их в виде точечного слоя с атрибутом *zebra*. С целью объединения данных об участках дороги и пешеходных переходах воспользуемся инструментом буфер *QGIS*. Далее объединим данные о участках дороги и пешеходных переходах в один слой. В результате получается следующее картографическое отображение, содержащее 208 участков дорожной сети, на которое стоит обратить внимание в первую очередь.



5. Аналогичным образом выполняется фильтрация для 4–полосных дорог общего пользования. Прямолинейных участков 4–полосных дорог протяженностью от 600 до 1700 м. на территории Белгородской области 78.



Проведя с этими участками те же действия, что и для 2–полосных дорог, получаем следующие данные. Участков искомой протяженности и содержащих нерегулируемые пешеходные переходы 24 штуки.

Используя подобный подход, возможна выборка из большого массива данных участков с необходимыми техническими параметрами и содержащих ту или иную атрибутивную информацию. При этом становится возможным выработка конкретных мер по противодействию возможности возникновения ДТП, в том числе с участием пешеходов. С этой целью автором сформирован перечень типовых решений, в том числе с использованием зарубежного опыта, по повышению безопасности пешеходных переходов.

3.4 Выводы по главе

1. На основании статистических данных о ДТП с погибшими осуществлен факторный анализ, основанный на методе главных компонент (*PCA, Principal Component Analysis*).
2. С использованием результатов факторного анализа выявлены участки улично-дорожной сети и дорог общего пользования с наиболее вероятными показателями возникновения ДТП с погибшими.
3. С использованием геоинформационной системы, на основании данных национального проекта «Безопасные качественные дороги» в Белгородской области, обращения граждан в органы власти, был сформирован перечень объектов для принятия инженерных решений по повышению БДД.
4. Анализ эффективности принятых решений показал вероятность 95,2%.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ И ГИС НА ПРИМЕРЕ МЕСТ

4.1 Мероприятия по повышению БДД

Как отмечалось выше наиболее быстрым способом воздействия на снижения количества учетных ДТП, в том числе с погибшими, является создание условий на дороге, препятствующих их возникновению. Для решения данной задачи были выбраны следующие методы решения [95 – 97]:

- Установка светофорных объектов.
- Установка камер фотовидеофиксации.
- Снижение скоростного режима вне населенных пунктов до 70 км/ч.
- Снижение скоростного режима до 40 км/ч в населенном пункте.

Используя, уже существующий механизм принятия решений по БДД, заключающийся в выявлении мест концентрации ДТП, обращений граждан, наличия финансирования и соответствия участков параметрам, описанным в главе 2 (протяженность прямолинейного участка, количество полос, сложность пересечения и т.д.). Были приняты решения по установке светофорных объектов на применение вышеприведенных способов на следующих участках:

1. Белгород – Шебекино – Волоконовка, км 9+370 (п. Разумное, в р-не маг. «Усадьба» – ТП;
2. Белгород – Шебекино – Волоконовка, км 30+500 (с. Титовка) – ТП;
3. Разумное – Севрюково – Новосадовый, км 14+460 (МКР «Ближняя Игуменка» – 62.26 и 62.25.1) – ТП;
4. Северо – восточный обход города Белгорода, км 5+300 (МКР «Северный – 37» – ТП;
5. Белгород – Новая Деревня, км 0+160 (п. Дубовое, МТРК Сити-Молл) – П;
6. Белгород – Новая Деревня, км 1+920 (МКР «Улитка» и МКР «Дубровка») – ТП;

7. Старый Оскол – Чернянка – Новый Оскол, км 41+090 (с. Волоконовка) – ТП;
8. Старый Оскол – Чернянка – Новый Оскол, км 54+870 (п. Чернянка) – ТП;
9. Белгород – Грайворон – Козинка, км 11+300 (с. Пушкарное) – П.

Данные по участкам были сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Ограничение скоростного режима до 40 км/ч

Населенный пункт	Начало		Конец		Всего, км
	км	+	км	+	
1	2	3	4	5	6
Белгород-Грайворон-Козинка					
Томаровка	26	460	31	90	4,630
Кустовое	31	380	34	350	2,970
Серетино	34	350	36	680	2,330
Порубежное	37	465	39	960	2,500
Стригуны	39	960	42	440	2,480
Зозули	55	660	56	320	0,660
Головчино	63	470	67	860	4,390
Масычево	69	640	71	60	1,420
Грайворон	74	790	79	960	5,170
Глотово	81	510	82	770	1,260
Козинка	82	910	84	770	1,860
Новый Оскол-Валуйки-Ровеньки					
Новый Оскол	0	0	0	510	0,510
Серебрянка	6	150	6	775	0,625
Николаевка	12	900	13	705	0,805
Валуйки	67	670	74	212	6,542
Новоказацкое	74	212	74	550	0,338
Валуйки	77	330	78	480	1,150
Зенино	87	250	88	40	0,790
Вейделевка	99	330	104	560	5,230
Айдар	134	670	141	970	7,300
Старый Оскол-Чернянка-Новый Оскол					
Волоконовка	40	230	42	150	1,920
Окуни	43	250	45	305	2,055
Чернянка	49	495	58	470	8,975

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
Погромец	68	360	68	560	0,200
Новый Оскол	72	210	74	500	2,290
Валуйки-Алексеевка-Красное					
Подгорное	15	800	19	200	3,400
Самарино	22	360	25	960	3,600
Никитовка	26	150	29	680	3,530
Сыроватский	51	170	51	970	0,800
Щербаково	56	700	58	340	1,640
Гезово	59	440	60	620	1,180
Алексеевка	73	800	74	740	0,940
Опытная станция	76	200	77	670	1,470
Иловка	81	320	82	290	0,970
Афанасьевка	91	20	91	780	0,760
Камызино	97	650	98	330	0,680
Веретениково	98	500	100	780	2,280
Красное	109	130	109	500	0,370
Шебекино-Короча					
Вознесеновка	3	600	4	160	0,560
Нежеголь	4	550	6	20	1,470
Большое Городище	27	130	30	900	3,770
Стрелица Вторая	31	400	32	640	1,240
Тюрино	34	230	35	550	1,320
Нечаево	35	840	38	600	2,760
Терновое	39	50	40	690	1,640
Афанасово	40	690	42	690	2,000
Сетное	43	240	45	120	1,880
Бехтеевка	48	330	51	200	2,870

Для контроля ограничений скоростного режима использовались камеры фотофиксации. Всего использовано комплексов - 196.

Все вышеперечисленные данные были занесены в ГИС–систему с соответствующими атрибутами (рисунок 4.1-4.3).

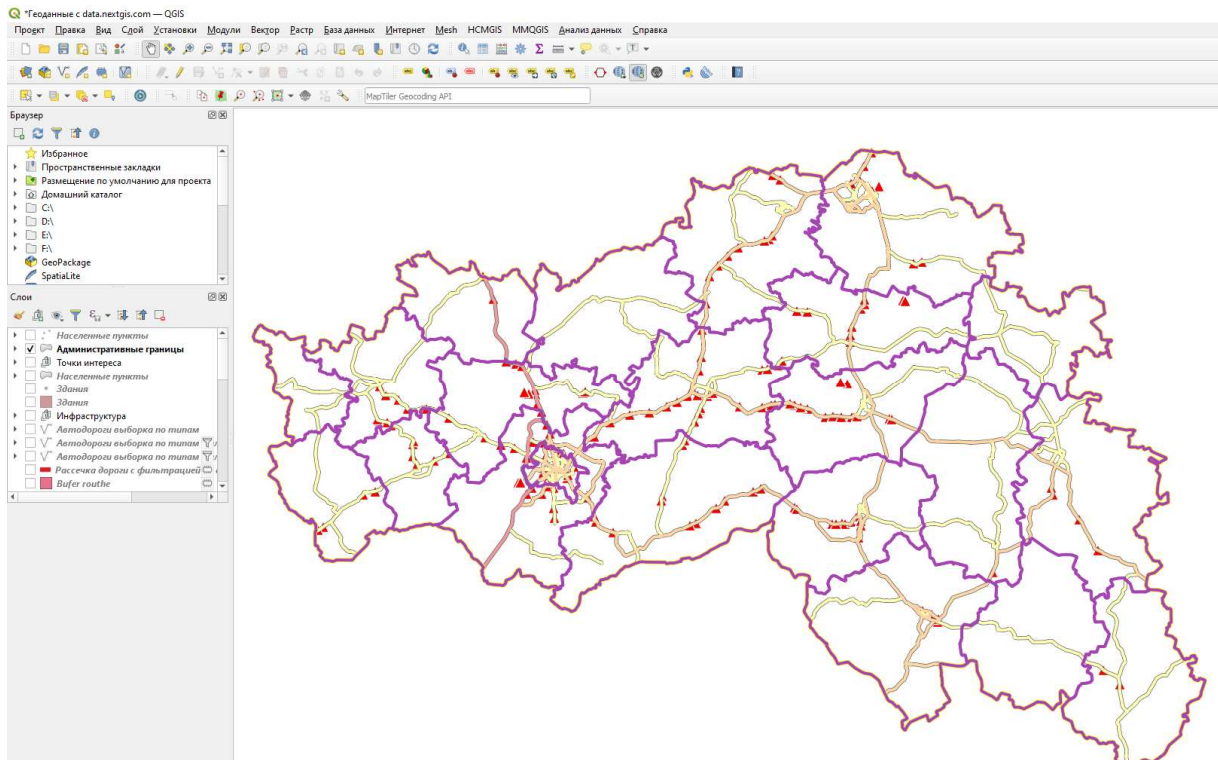


Рисунок 4.3 – Размещение камер фотовидеофиксации на территории Белгородской области

На основании введенных данных и статистики ДТП за 5 месяцев 2021 года проведен анализ эффективности принятых решений. С этой целью в ГИС были занесены данные по ДТП с погибшими за 5 месяцев 2021 г., наложенные на отфильтрованные участки, и оценена в процентах эффективность.

На основе анализируемого промежутка времени совершения дорожно-транспортных происшествий на территории Белгородской области в период 2015-2021 гг. выявлены участки, отвечающие ранее определенным требованиям по характеристикам к дорогам общего пользования. Например, на Северо-восточном обходе города Белгорода (рисунок 4.4, 4.5).

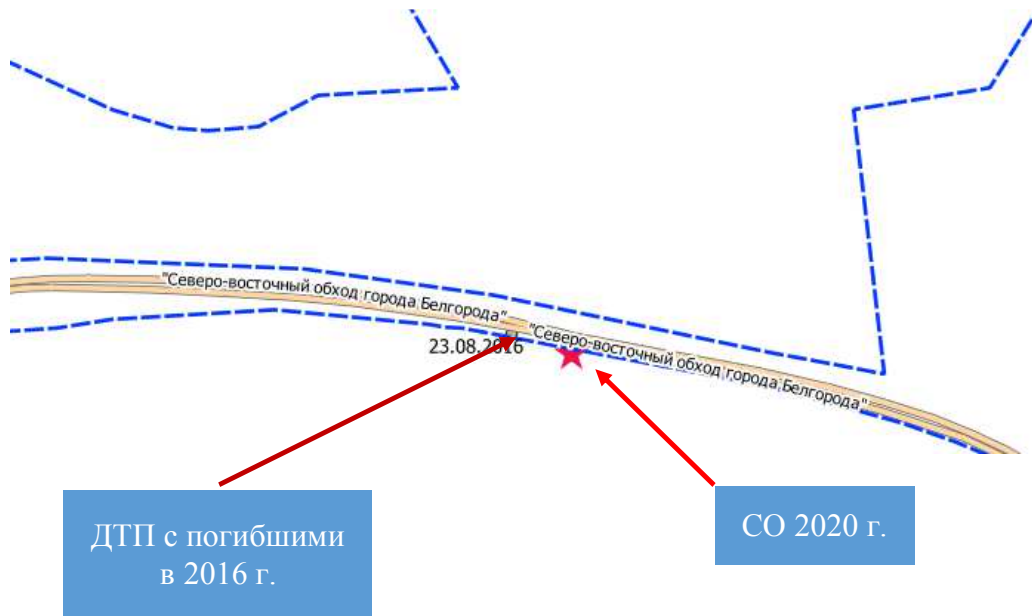


Рисунок 4.4 – Пример установки СО в 2020 гг.

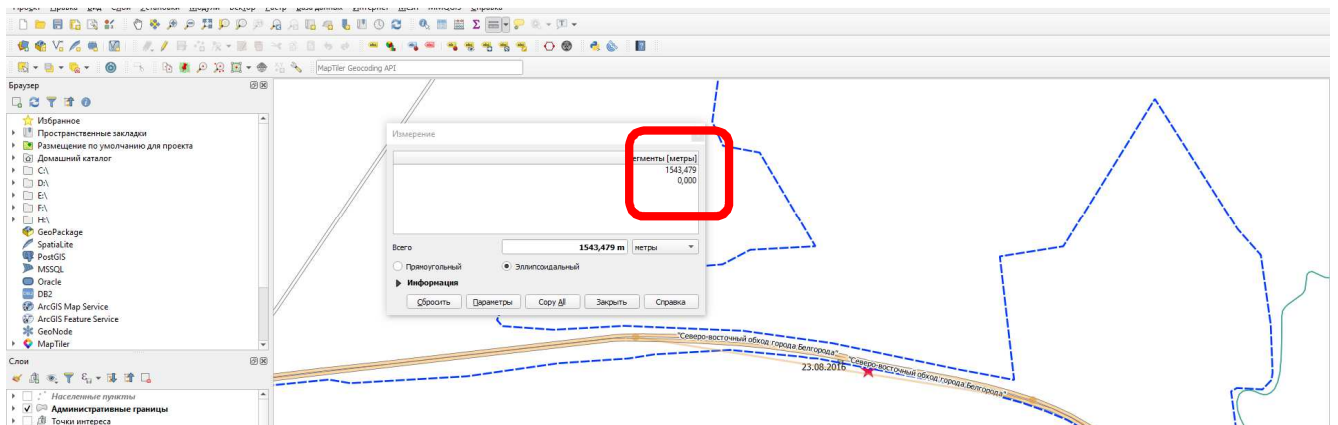


Рисунок 4.5 – Данные о протяженности прямолинейного участка – 1543 м

Накладывая данные о ДТП за 2021 г. с погибшими и координаты вновь построенных светофорных объектов можно говорить об эффективности принятых решений (рисунок 4.6).

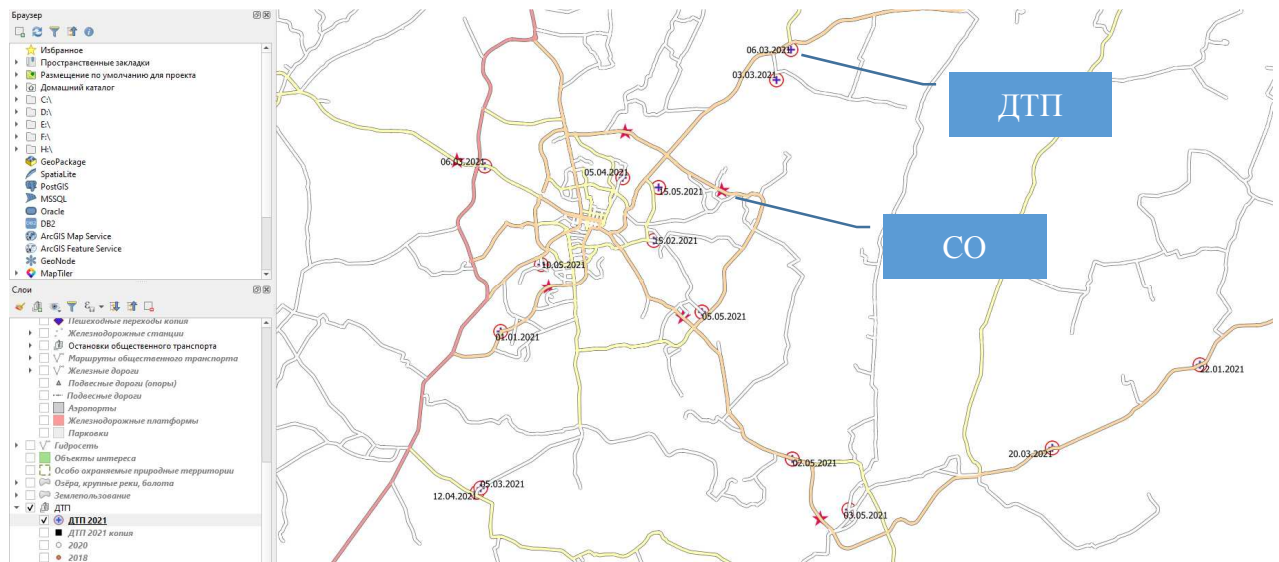


Рисунок 4.6 – Наложение данных в ГИС о СО 2020 г.
и ДТП с погибшими

Так как на вновь возведенных светофорных объектах не случилось ни одного ДТП с погибшими, т. е. эффективность составляет 100%.

Рассмотрим эффективность снижения скоростного режима. На территории Белгородской области в рамках реализации БКД была снижена скорость на 48 участках, при этом только 36 попали в зону контроля системами фотофиксации.

В ГИС были занесены данные о всех стационарных комплексах фотовидеофиксации нарушений скоростного режима и координатах ДТП за 2021 г. (5 месяцев), при этом были отфильтрованы участки, отвечающие ранее представленным требованиям (рисунок 4.7).

Как показал анализ в зоне действия камер со 100–метровой дистанцией ДТП с погибшими не обнаружено. Проведем аналогичный анализ для 1000–метровой дистанции (рисунки 4.10).

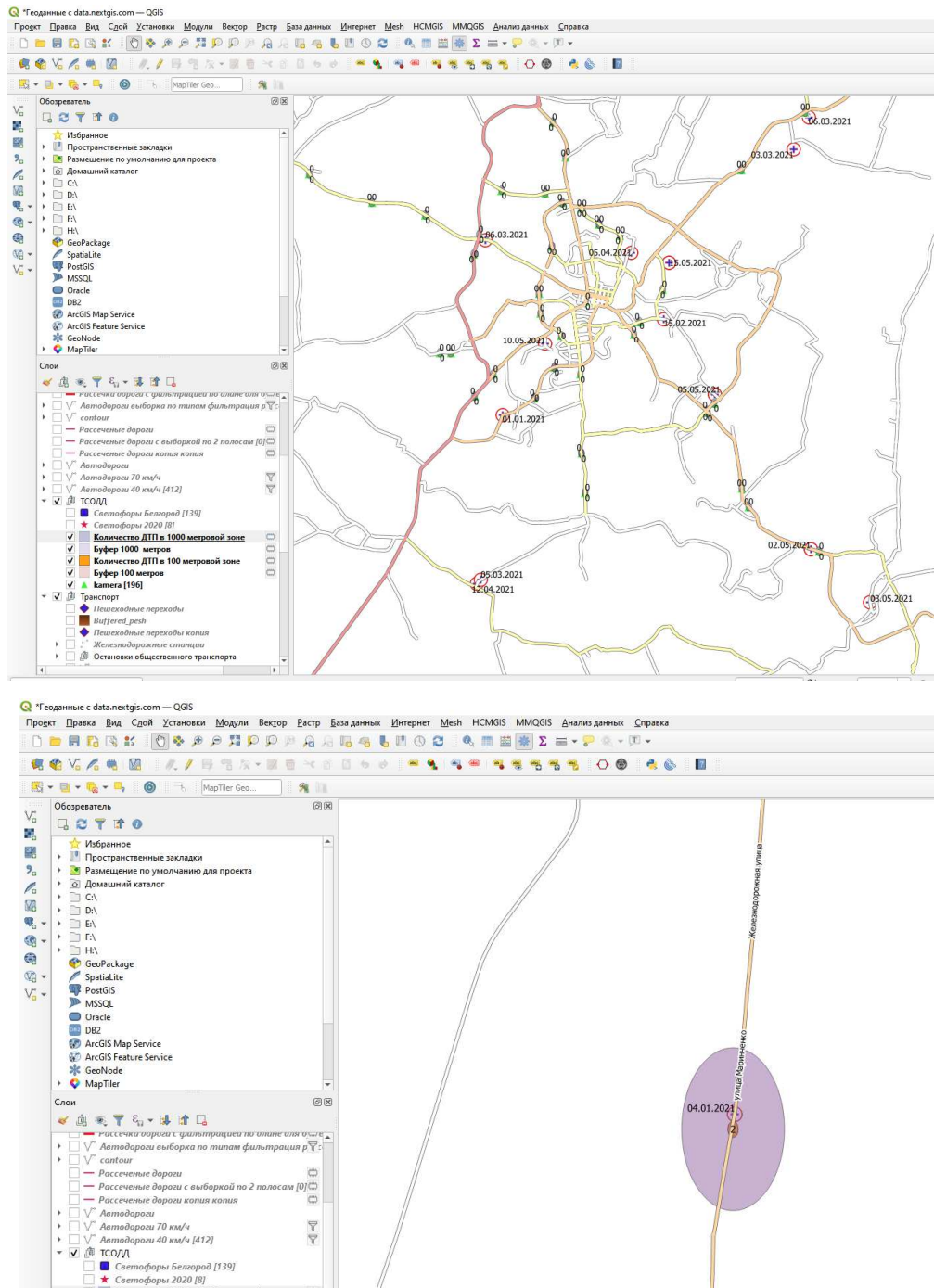


Рисунок 4.10 – Общий вид ГИС с буфером оценки эффективности камер фотовидеофиксации, дистанция 1000 м

В радиусе 1000 м. зафиксировано 2 ДТП с погибшими. При этом необходимо отметить, что имеются зоны, которые и попадают в зону действия радар детекторов, но в то же время не оказывают воздействия, это можно проиллюстрировать следующим рисунком (рисунок 4.11).

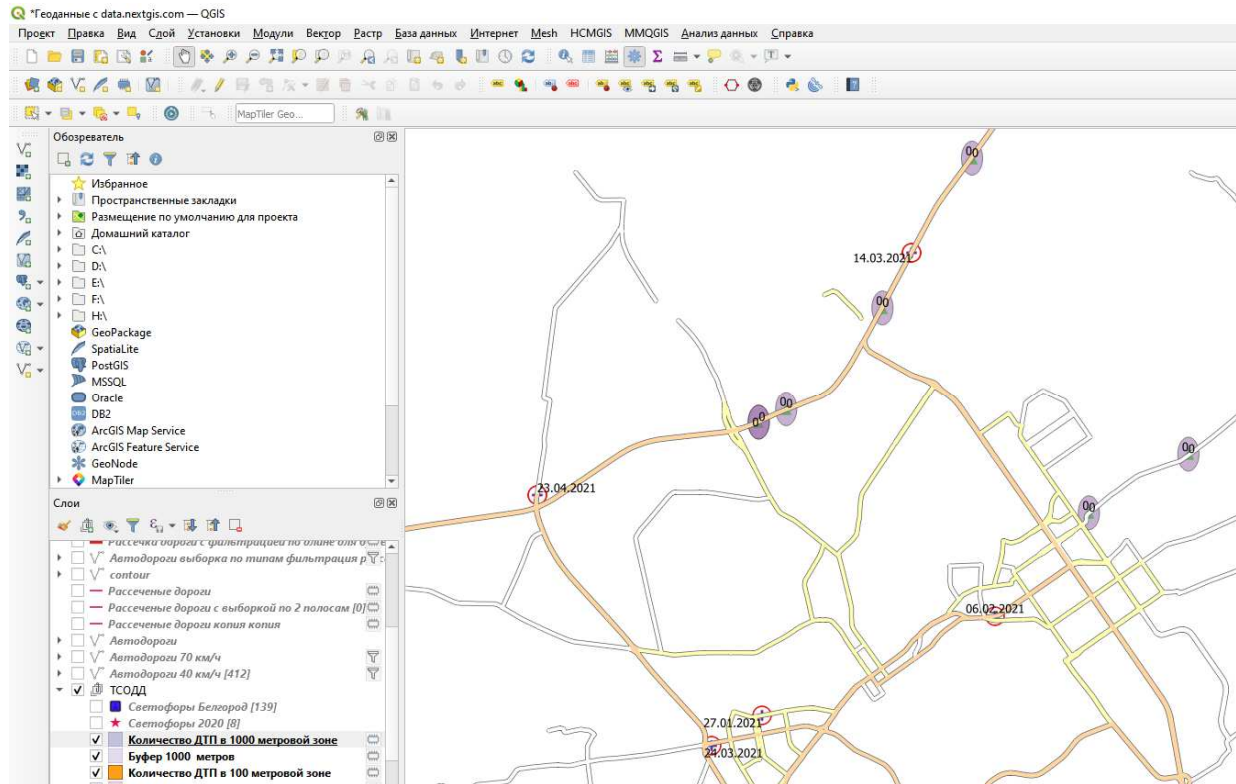


Рисунок 4.11 – ДТП между зонами действия камер

4.2 Выводы по главе

1. Оценка эффективности камер показала, что из 42 ДТП с погибшими, за 5 месяцев 2021 г., только 2 попали в зону действия камер фотофиксации, т.е. эффективность камер составляет 95,2%.

2. Разработанные мероприятия на основе анализа статистики ДТП ГИС анализа дорожной сети Белгородской области показали высокую эффективность от 95,2 до 100%.

3. Анализ мест концентрации ДТП показывал, что возможно возникновение ДТП между рядом расположенными камерами, но не перекрывающими друг друга. Одним из вариантов решения данной задачи является внедрение систем контроля средней скорости на участках, отвечающих требованиям, описанным в главе 2.

ГЛАВА 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННОГО СПОСОБА

Одной из наиболее острых социально-экономических проблем являются дорожно-транспортные происшествия [30].

Ущерб от ДТП состоит из следующих составляющих: ранения и гибели людей; от повреждений автомобилей; утраты и приведения в негодность груза; повреждения элементов транспортной инфраструктуры и дорожного полотна.

Ущерб ранений и гибели людей является самой весомой частью ущерба от дорожно-транспортных происшествий. Оценивая потери от ранений и гибели людей при ДТП, необходимо учитывать следующие основные критерии:

- экономические потери из-за того, что сфера производства несет убытки, связанные с отсутствием на рабочих местах людей, участников дорожно-транспортных происшествий, получивших увечья, либо смерть;
- расходы, связанные с оказанием первой медицинской помощи и последующего лечения участников ДТП;
- социальные выплаты, материальные пособия и пенсии;
- оплата листа нетрудоспособности;
- выплаты, связанные с моральной компенсацией.

Для оценки экономических потерь из-за того, что сфера производства несет убытки, связанные с отсутствием на рабочих местах людей, участников дорожно-транспортных происшествий, получивших увечья, либо смерть используют метод общих доходов. Данный метод представляет собой объединяет валовое накопление, а также фактическое потребление конечного продукта, потребление человека, которое подвергается рассмотрению, как одна из основных частей прибыли бюджета страны, полученной от различных сфер деятельности отдельных граждан трудоспособного возраста. Моральные потери, особенно их величина, в стоимостном эквиваленте, оцениваются только субъективными «методами оценки».

Оценка ущерба от ранений и гибели людей в результате дорожно-транспортных происшествий для общества с применением метода общих доходов заключается в отношении недопроизведенного ими валового внутреннего продукта к запланированному объему ВВП. Расчет заключается в принципах отношения конечного фактического потребления населением и государственными учреждениями к валовому накоплению за отчетный период (год), на среднюю численность работоспособного населения в этот же период.

Требуется также провести расчет и морального ущерба, полученного как участником дорожно-транспортного происшествия, так и родственниками пострадавших и погибших в ДТП людях. Моральный ущерб определяют с помощью проведения социологических исследований (опроса), в котором принимают участие все категории участников дорожного движения, основная цель, ставящаяся в опросных формах, заключается в определении размеров финансовой компенсации (в рублях) за причиненные моральные страдания.

При подсчете убытков, связанных с гибелью человека в дорожно-транспортном происшествии, учитывается его возможный максимальный трудовой стаж до выхода на пенсию и недополученный вклад в ВВП. Официальная статистика дорожно-транспортных происшествий позволяет определить средний возраст погибших участников дорожного движения.

Дорожно-транспортные происшествия приводят к получению ранений различной степени тяжести, в том числе получение инвалидности, по которой социальными службами предусмотрена ежемесячная выплата, т.е. пенсия по инвалидности на период с момента получения увечий, до момента смерти.

Размер ущерба, понесенного человеком от ранения легкой степени тяжести, складывается из следующих затрат:

- лечение в медицинском учреждении;
- оплаты больничного листа;
- от недопроизведенного ВВП за время реабилитации.

В свою очередь, изучены финансовые затраты на обустройство улично-дорожной сети техническими средствами организации дорожного движения

(установка дорожных знаков, обустройство пешеходных переходов светофорным регулированием, установка комплексов автоматической фотовидеофиксации нарушений ПДД). Стоимость строительства 9 светофорных объектов на дорогах общего пользования областного значения, в ценах 2021 г., составила 18 000 тыс. рублей. Обустройство 48 участков дорожными знаками, горизонтальной дорожной разметкой и системами фотовидеофиксации, в ценах 2021 г., составило 144 000 тыс. рублей.

5.1 Оценка экономической эффективности предложенного способа на примере дорожно-транспортных происшествий Белгородской области

Экономическая эффективность оценивается следующими составляющими [60, 103]:

- 1) выполнение расчетов по временным затратам автомобилей, а также пассажиров в пути до момента внедрения предложенного способа, а также после, учитывая возможный перепробег транспортных средств, в случае объезда места ДТП по другим маршрутам;
- 2) оценка ущерба от ДТП.

Временные затраты и их экономия для автомобилей на перекрестках можно определить разницей стоимости времени C_{mp} , которое автомобили тратят на перекрестках при проектировании и в реальных условиях [93]:

$$\mathcal{E}_{mp} = C_{mp.суц} - C_{mp.пр} \quad (5.1)$$

Определение цены временных затрат транспортных средств на перекрестках за год, рассчитывается выражением:

$$C_{mp} = T_{mp} \cdot S_{a-ч}, \quad (5.2)$$

где T_{mp} – годовые потери времени ТС (авт-час) при определенном способе организации движения на данном участке;

$S_{a-ч}$ – цена одного авт-ч.

Цена одного авт-ч устанавливается согласно действующим нормативным правовым актам [92].

Величина потерянного времени пассажирами в пути, устанавливается согласно времени, которое тратит транспортное средство, перевозящее пассажира:

$$C_{nac} = T_{mp} \cdot S_{ч-ч} \cdot (d_a \cdot B_a \cdot \eta_a + d_l \cdot B_l \cdot \eta_l), \quad (5.3)$$

где d_a, d_l – доля автобусов и л/а в ТП; B_a, B_l – номинальная вместимость автобусов и л/а; η_a, η_l – средний коэффициент заполнения автобусов и л/а; $S_{ч-ч}$ – средняя величина потерь, приходящаяся на 1 ч. пребывания пассажиров в пути [92].

Потери транспорта и пассажиров в пути приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Потери транспорта и пассажиров в пути

Направление	Задержки		Интенсивность	Стоимость потерь от задержек ТС		Экономия	Стоимость потерь от задержек пассажиров		Экономия
	проект кажд день	сущ при ДТП		проект	сущ		проект	сущ	
Транспортный поток, дв-ся в прямом направлении (2931 авт/ч)	69	137	2932	24361	48721	24361	12577	25153	12577
Всего за час	-	-	-	24361	48721	24361	12577	25153	12577
Всего за день	-	-	-	58465	116928	58465	30183	60365	30183
Всего за год	-	-	-	21339244	42678487	21339244	11016385	22032770	11016385

Как видно из таблицы 5.1:

1) экономия от снижения затрат времени транспортных средств на рассматриваемом участке составила 21 341,2 тыс. руб;

2) экономия от снижения затрат, связанных с нахождением пассажиров в пути, составила 11 027,4 тыс. руб.

Суммарные экономические потери от задержек на рассматриваемом участке составят 32 356,6 тыс. руб.

На дальнейшем этапе необходимо рассчитать ущерб от ДТП на исследуемом объекте за год, который определяется по формуле:

$$C_{ДТП}^{сущ} = \Sigma(n \cdot \Pi) + \Sigma(a \cdot M), \quad (5.4)$$

где n - количество пострадавших людей по i -му виду травмы (гибель, ранение); Π - потери по одному человеку с i -й травмой, руб. (таблица 5.2); a - количество ДТП; M - материальный ущерб от 1 ДТП, руб. (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Стоимостная оценка последствий ДТП

Вид травмы	Потери, руб	Материальный ущерб от 1 ДТП	Ущерб, руб
Гибель	9346000		69900
Ранение	286000		

Таким образом, в таблице 5.3 приведен расчет потерь от ДТП за 2017-2020 гг.

Таблица 5.3 – Статистические данные по Белгородской области

Год	Кол-во ДТП	Погибло, чел.	Ранено, чел	$C_{ДТП}^{сущ}$
2017	1397	163	1749	2 118 093,0
2018	1277	155	1600	1 992 588,0
2019	1323	154	1669	2 006 082,0
2020	1156	138	1425	1 775 499,0

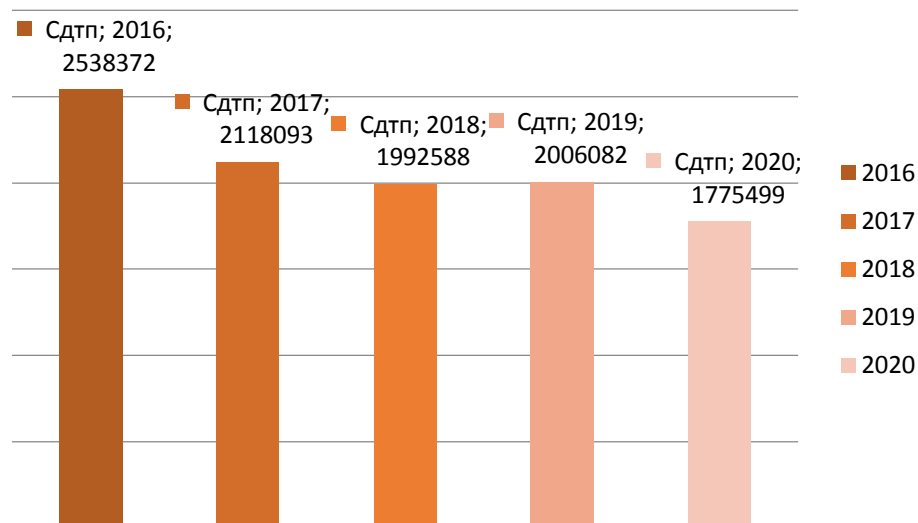


Рисунок 5.1 – Экономические потери от ДТП в Белгородской области

за 2016 – 2020 гг.

При применении разработанной методики количество ДТП в Белгородской области должно снизиться в 2021 г. на 5 %. Таким образом, экономические потери составят:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{сум}} = (131 \cdot 9345000 + 1354 \cdot 285000) + (1098 \cdot 69000) = 1\,685\,847,0 \text{ тыс. руб.}$$

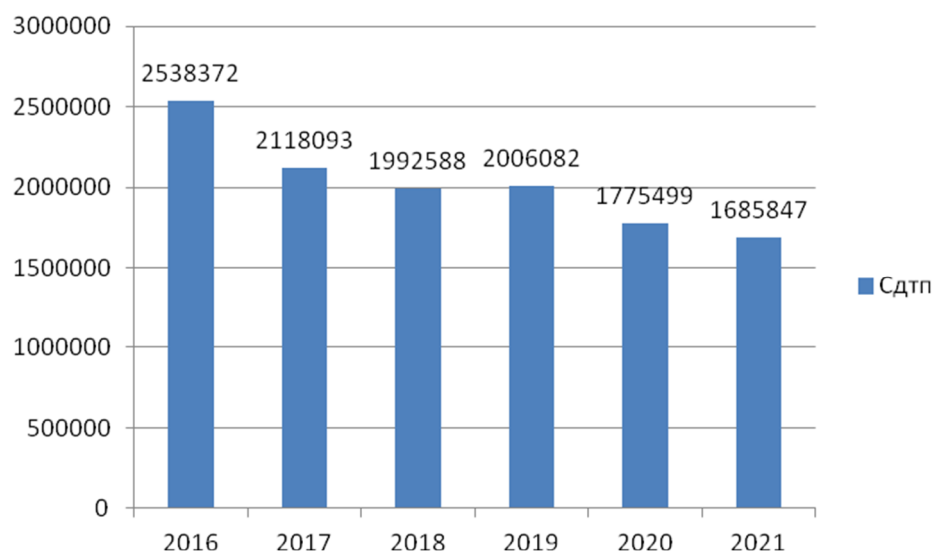


Рисунок 5.2 – Экономические потери от ДТП в Белгородской области за 2016 – 2021 гг.

Итак, разница между экономическими потерями за последние годы составит 89 652, 0 тыс. руб.

5.2 Выводы по главе

1. Расчеты показали, что экономия от снижения затрат времени транспортных средств на рассматриваемом участке составила 21 341,2 тыс. руб., а экономия от снижения затрат, связанных с нахождением пассажиров в пути, составила 11 027,4 тыс. руб.

2. Суммарные экономические потери от задержек на рассматриваемом участке составят 32 356,6 тыс. руб.

3. При применении разработанной методики количество ДТП в Белгородской области должно снизиться в 2021 г. на 5 %, а экономические потери составят 1 685 847,0 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных исследований, реализованных в новой разработанной вероятностной математической модели выявления опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, выполнено совершенствование методики определения мест возникновения ДТП, выявлены наиболее значимые факторы каждой составляющей системы ВАДС с точки зрения влияния на возникновение ДТП с погибшими. При совершенствовании методики выполнялись: анализ методик и нормативно-правовой документации по выявлению наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети; геоинформационный анализ статистических данных мест возникновения ДТП с погибшими и их разделение по группам. Эффективность методики подтверждается разработкой и внедрением типовых решений для снижения рисков возникновения ДТП на опасных участках с погибшими.

Основные научно-практические результаты состоят в следующем:

1. Выполненный анализ статистики ДТП с погибшими совершенных на территории Российской Федерации, с точки зрения системы ВАДС показал, что на автомобильных дорогах общего пользования в 2020 г. произошло 47 986 ДТП, что составляет 33,1% от всех происшествий. В городах и населённых пунктах в этом же году произошло 42 426 ДТП, в которых 3256 человек погибло и 52 090 человек получили ранения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что значительная часть происшествий совершается в населённых пунктах и на участках улично-дорожной сети (УДС).

2. Выявлены наиболее значимые факторы каждой составляющей системы ВАДС с точки зрения влияния на возникновение ДТП с погибшими, а именно: управляет автомобилем вероятнее всего – мужчина, со стажем управления 5-10 лет, самозанятый или наемный рабочий, в возрасте от 26 до 46 лет, который нарушает ПДД 1-2 раза в месяц; автомобиль стоимостью от 380 до 750 тыс. рублей, вероятнее всего белого, серого, черного или синего цвета, с вероятностями 70% - легковой и 93 % исправный; на прямолинейном участке дороги протяженностью 600-1700 м.,

вероятнее всего – 2–полосном, с вероятностью 66%, 4–полосном с вероятностью 27%, последняя точка концентрации внимания не ближе 100 м. от зоны ДТП, простой с точки зрения организации дорожного движения участок с вероятностью 84,9%; фактор «среда» имеет ограниченное влияние, за исключением ДТП вне населенного пункта с участием пешеходов, где явно прослеживается наиболее опасный временной интервал времени с 18 до 24 часов.

3. Анализ методик и нормативно-правовой документации по выявлению наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети с точки зрения выявления наиболее опасных участков показал следующее: метод итоговых коэффициентов аварийности составляет основу для выполнения проектных решений. Он формирует целый ряд требований к выполнению отдельных элементов узла и ребра дорожной сети. Однако данный метод не учитывает реальные обстоятельства возникновения дорожно-транспортных происшествий и не коррелируется с реальной статистикой ДТП, в том числе и погибшими; является одной из наиболее рациональных при оценке условий БДД на отдельных участках УДС; метод комплексной оценки уровня обеспечения безопасности позволяет оценить уровень рисков как на ребрах, так и на узлах транспортной сети. Позволяет принимать управленческие решения с точки зрения снижения рисков. Однако он не позволяет проводить массовую оценку улично-дорожной сети, крайне трудоемок в процессе проведения работ. При этом он формирует перечень признаков, который может быть использован для дальнейшего формирования описательной части участка вероятного возникновения ДТП; метод динамического анализа основывается на введении в модель различных видов нарушения ПДД и восприятия ситуации на дороге, водителем, пассажиром и пешеходом. Однако данный подход крайне сложен в реализации, поскольку та же реакционная способность, эмоциональный настрой изменяется в течение суток. В том числе различные виды нарушений ПДД связаны и с климатическими явлениями и временем суток. Для оценки риска выбираются наиболее характерные для городских условий виды нарушений ПДД.

4. Геоинформационный анализ участков УДС показал низкую эффективность рассмотренных методик оценки уровня безопасности дорожной сети на территории

Белгородской области. То есть возникает необходимость в разработке решения для «массового» обследования улично-дорожной сети и дорог общего пользования с выявлением типовых элементов на основе статистических данных.

5. Разработана вероятностная модель выявления опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, на основании статистических данных о ДТП с погибшими осуществлен факторный анализ, основанный на методе главных компонент (*PCA, Principal Component Analysis*), выявлены участки улично-дорожной сети и дорог общего пользования с наиболее вероятными показателями возникновения ДТП с погибшими, использование ГИС и программы БКД 2020 и 2021, обращения граждан в органы власти, был сформирован перечень объектов для принятия инженерных решений по повышению БДД, анализ эффективности принятых решений показал вероятность 95,2%.

6. Разработанные мероприятия на основе анализа статистики ДТП ГИС анализа дорожной сети Белгородской области показали высокую эффективность от 95,2 до 100%, а также показали возможность возникновения ДТП между рядом расположенными камерами, но не перекрывающимися друг друга. Одним из вариантов решения данной задачи является внедрение систем контроля средней скорости на участках.

7. Экономическая оценка предложенных решений с точки зрения повышения безопасности дорожного движения показала, что экономия от снижения затрат времени транспортных средств на рассматриваемом участке составляет 21 341,2 тыс. руб., а экономия от снижения затрат, связанных с нахождением пассажиров в пути, составила 11 027,4 тыс. руб.; суммарные экономические потери от задержек на рассматриваемом участке составляют 32 356,6 тыс. руб.; при применении разработанной методики количество ДТП в Белгородской области должно снизиться в 2021 г. на 5 %, а экономические потери составят 1 685 847,0 тыс. руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учеб для вузов / В.Ф. Бабков. - М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Государственная инспекция безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/stat>
3. Управление государственной инспекции безопасности дорожного движения УМВД России по Белгородской области. Дорожно-транспортные происшествия в России (2020 г.). Обобщённые сведения. Белгород. 2020.
4. Боровской, Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б.Е. Боровской. - Л.: Лениздат, 1984. - 304 с.
5. Кабардин, О.Ф. Физика: Справочные материалы: Учебное пособие для учащихся / О.Ф. Кабардин. - М.: Просвещение, 1991. - 367 с.
6. Иларионов, В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля / В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1966. – 236 с.
7. Гиттис, В.Ю. Теория и эксплуатация автомобилей / В.Ю. Гиттис. - М.: Л., 1925. – 229 с.
8. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. - М.: Транспорт, 2000. - 188с.
9. Литвинов, А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
10. Фалькевич, Б.С. Теория автомобиля. / Б.С. Фалькевич. – М.: Машгиз, 1963. – 239 с.
11. Зимелев, Г.В. Теория автомобиля. / Г.В. Зимелев. – М: Машгиз, 1957. – 228 с.
12. Иларионов, В.А. Теория автомобиля. / В.А. Иларионов, М.М. Морин, А.М. Шейнин. - М.: Автотрансиздат, 1960.
13. Лазарев, Д.А. Исследование факторов, влияющих на возникновение дорожно-транспортных происшествий с участием пешехода / А.И. Шутов // Современные технологии в промышленности строительных материалов и

стройиндустрии (XVII научные чтения)/ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова - Белгород, 2005. с. 193-195.

14. Куракина, Е.В. Влияние параметров дороги на определение скорости движения при экспертном исследовании ДТП. / Е.В. Куракина, С.С. Евтюков // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. – №1 (42). – 2014. – с.103-109.

15. Коллинз, Д., Анализ дорожно-транспортных происшествий. / Д. Коллинз, Д. Моррис //Перевод с англ. Марголис С.Я. М.: Транспорт, 1971. - 128 с.

16. Джонс, И.С. Влияние параметров автомобиля на дорожно-транспортные происшествия / И.С. Джонс. – М.: Машиностроение, 1979. – 207 с.

17. Вонг, Дж. Теория наземных транспортных средств / Перевод с английского к.т.н. Аксенова А.И. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.

18. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/>.

19. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. - М.: Транспорт, 2001. - 247 с.

20. Сенатосенко, В.А. Организация и безопасность дорожного движения/ В.А. Сенатосенко. Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2015. - 163 с.

21. Добромиров, В.Н. Скорость как фактор влияния на безопасность дорожного движения / В.Н. Добромиров, С.С. Евтюков С.С. // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - № 5. - С. 73.

22. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и организация движения / В.Ф. Бабков, О.А. Дивочкин, В.П. Залуга - М.: Транспорт, 1974 - 240 с.

23. ВСН 25-86 Указания по обеспечению безопасности на автомобильных дорогах. – Минавтодор РСФСР. Москва «Транспорт», 1988. – 304 с.

24. ГОСТ 33100-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог. –М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

25. Корчагин, В.А. Новые методы обеспечения системной безопасности дорожного движения: Монография / В.А. Корчагин, А.К. Погодаев, В.Э. Клявин, В.А. Суворов // Липецк: Липецкий полиграфический центр. – 2018. - с. 35-47.

26. Иванов, М.В. Разработка методов организации дорожного движения на основе геоинформационных систем города и области: дис. ... кандидата технических наук: 05.13.01 / Иванов Михаил Васильевич. - Санкт-Петербург, 2005. - 130 с.
27. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>
28. Николаева, О.М., Радченко, Л.К. Использование дорожного графа в навигационных приложениях на примере компании here Technologies // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dorozhnogo-grafa-v-navigatsionnyh-prilozheniyah-na-primere-kompanii-here-technologies> (дата обращения: 15.04.2021).
29. Global Designing Cities Initiative. [В Интернете] 2019 г. [Цитировано: 25 04 2020 г.] <https://globaldesigningcities.org/>.
30. A Comparative Study of Speed Humps, Speed Slots and Speed Cushions. Johnson, L & AJ Nedzesky. A Comparative Study of Speed Humps, Speed Slots and Speed Cushions. : Institute of Transportation Engineers, 2004.
31. Капитанов, В.Т. Прогноз числа погибших в ДТП на основе социально-экономических показателей / В.Т. Капитанов, О.Ю. Моница, В.В. Сильянов, А.Б. Чубуков // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2017. - № 4 (82). - С. 4-7.
32. Дивочкин, О.А. Оценка безопасности на автомобильных дорогах / О.А. Дивочкин, А.Р. Цыганов, В.В. Чванов // Обзорная информация ЦБНТИ. – 1988. – Вып. 5. –60 с.
33. Боровский, Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта/ Б.Е. Боровский. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
34. Буланов М.Ю. Разработка средств и методов диагностики автомобильных дорог/ М.Ю. Буланов, А.В. Конкин, В.В. Щербаков, В.Н. Васеха // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2005. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sredstv-i-metodov-diagnostiki-avtomobilnyh-dorog> (дата обращения: 12.03.2021).
35. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов. 6-е изд. стер. Москва: Высш. шк.: б.н., 1999. - 576 с.

36. Кондратьев, В.Д. Комплексное оценивание в задачах управления безопасностью дорожного движения / В.Д. Кондратьев, А.В. Щепкин // Экономика и менеджмент систем управления. - 2015. - Т. 15. № 1. - С. 66-72.

37. Кондратьев, В.Д. К вопросу о методологии обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации / В.Д. Кондратьев, А.В. Щепкин // Дороги и мосты. - 2016. - № 2 (36). - С. 14.

38. ГОСТ Р 52282-2004 Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2004. – 19 с.

39. ГОСТ 32865-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Знаки переменной информации. Технические требования. – М.: Стандартинформ, 2014. – 52 с.

40. ГОСТ Р 50597-2017 Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. - М.: Стандартинформ, 2017. – 41 с.

41. ГОСТ Р 52399 – 2005 Геометрические элементы автомобильных дорог. - М.: Стандартинформ. 2005. – 27 с.

42. Заде, Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений/ Л.А. Заде// Москва: Мир: б.н., 1976. – 165 с.

43. Клявин, В.Э. Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения. дис. ... доктора технических наук: 05.22.10/ Клявин Владимир Эрнстович. - Липецк, 2017. – 331 с.

44. Клячкина, С.Г., Городские дороги и улицы: (строительство и эксплуатация): справочник. Ленинград: Стройиздат, - 1973. - 256 с.

45. Корчагин, В.А. Научные основы повышения эффективности и экологической безопасности автотранспортных процессов. / Ляпин, С.А., Турсунов, А.А. // вестник Таджикского технического университета. - 2009 г., №8.

46. Корчагин, В.А. Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП/ В.А. Корчагин, С.А. Ляпин,

В.Э. Клявин, В.В. Ситников// *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 6-2. – С. 251-256.

47. Корчагин, В.А. Оценка эффективности инженерных решений : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" направления подготовки "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования" / В. А. Корчагин, Ю. Н. Ризаева// ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Липецкий гос. технический ун-т". - Липецк : ЛГТУ, 2008. - 159 с.

48. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств//; перевод с фр. В. Б. Кузьмина; ред. С. И. Травкин. - Москва: Радио и связь, 1982. - 432 с.

49. Лобанов, Е. М. Транспортная планировка городов: для вузов по спец. "Организация дорожного движения" / Е. М. Лобанов. - Москва: Транспорт, 1990. – 239 с.

50. Лушников, Н.А. К вопросу об обеспечении ровности автомобильных дорог. / П.А. Лушников // сборник «Дороги и мосты». ФГУП РосдорНИИ, 2007 г. - стр. 73-79.

51. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – М.: Стандартинформ, 2004. – 100 с.

52. ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог - М.: Информавтодор, 2002. - 138 с.

53. Рыбин, А.Л. Результаты экспертной оценки причин возникновения дорожно-транспортных происшествий на участках дорог с неудовлетворительными дорожными условиями / *Дороги и мосты*. ФАУ «РОСДОРНИИ», 2017. №1 (37). 15 с.

54. Ширшиков, А.С. Применение дорожных знаков переменной информации. *Инженерный вестник Дона*. 2018. №1(48), 75 с.

55. Щербаков, В.В. Диагностика автомобильных дорог по геометрическим параметрам с использованием ГНСС / В.В. Щербаков, М.Н. Барсук // Геодезия и картография. - 2008. с. 55-57.
56. Щербаков, В.В. Портативные автоматизированные средства для определения геометрических параметров автомобильных дорог. / В.Н. Васеха, Д.А. Неверов // Интерэкспо Гео-Сибирь. №1, 2007 г., с. 123-127.
57. Абрамов, Л.С. Метод классификации частных коэффициентов аварийности для автомобильных дорог различных технических категорий / Л.С. Абрамов, Г.Г. Птиця // Вестник НТУ «ХПИ». 2012 г., Серия «Новые решения в технологиях», с. 41-55.
58. Рябчинский, А.И. Динамика автомобиля и безопасность дорожного движения: учебное пособие / А.И. Рябчинский, А.А. Токарев, В.З. Русаков – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2002. – 131 с.
59. Барсук, М.Н. Разработка системы планирования ремонта и эксплуатации автомобильных дорог по результатам мониторинга с использованием GPS. б.м.: ГЕО-Сибирь, - 2006 г.
60. Есипова, А.А. К вопросу о взаимосвязи дорожно-транспортных происшествий, днях недели и времени суток / А.А. Есипова, А.А. Лисовая // Педагогика высшей школы. – 2016. - №3 – с. 7-10
61. Шештокас, В.В. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / В. В. Шештокас, Д. С. Самойлов. - М.: Транспорт, 1987. - 208 с.
62. Еркнапешян, М.Ж. Определение основных показателей и критериев аварийности в системе мониторинга безопасности перевозок пассажиров автобусами общего пользования / М.Ж. Еркнапешян, Д.В. Енин // Автотранспортное предприятие. №8, - 2009, с. 19-23.
63. Лукьянов, В.В. Безопасность дорожного движения / В.В. Лукьянов. - М.: Транспорт, 2003. – 260 с.
64. Павлов, С.В. Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: межвузовский научный сборник / С.В. Павлов и др.; Федеральное агентство по образованию, Гос.

образовательное учреждение высш. проф. образования Уфимский гос. авиационный технический ун-т. - Уфа : Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2009. - 176 с.

65. Новиков А.Н. Концепция имитационного моделирования, оптимизации и проектирования транспортной инфраструктуры в условиях стохастической и лингвистической неопределенности / А.Н. Новиков, С.В. Еремин // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - № 2 (65). - С. 42-50.

66. Марков. М.М. Анализ затраты-выгода для оценки общественных мер и методов повышения безопасности дорожного движения //Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2018. №. 1 (15). - 8 с.

67. Elsheikh R. F. A. GIS based Traffic Accident Analysis System //International Journal of Advanced Engineering Research and Science. - Т. 3. - №. 12.

68. Hirasawa M., Asano M. Development of traffic accident analysis system using GIS. - Civil Engineering Research Institute, 2001.

69. Eliseev M. E. et al. Virtual Reality and Navigation subsystems of the Interactive System for Road Safety Improving //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - IOP Publishing, 2018. - Т. 386. - №. 1. - С. 012027.

70. Satria R., Castro M. GIS tools for analyzing accidents and road design: a review //Transportation research procedia. - 2016. - Т. 18. - С. 242-247.

71. Karl Kim, Ned Levine. Using GIS to improve highway safety. Department of Urban and Regional Planning, University of Hawaii at Manoa, Manoa, Hawaii, U.S.A. Available online 18 February 1999.

72. Romi Satria. GIS Tools for Analyzing Accidents and Road Design: A Review / Romi Satria, María Castro. Transportation Research Procedia 18 (2016) 242 – 247.

73. Kevin Austin, Miles Tight & Howard Kirby. The use of geographical information systems to enhance road safety analysis. Pages 249-266.

74. Monib Shahzad. Review of road accident analysis using gis technique. Pages 472-481.

75. Akhmadiev, R.S. Management of the life safety provision system on roads / R.S. Akhmadieva, R.N. Minnikhanov // Journal of Advanced Research in Law and Economics. - 2016. - Т. 7. № 2. - С. 193-201.

76. Geographic information system (gis) capabilities in traffic accident information management: a qualitative approach Maryam Ahmadi,¹ Ali Valinejadi,² Afshin Goodarzi,³ Ameneh Safari,⁴ Morteza Hemmat,⁵ Hesamedin Askari Majdabadi,⁶ and Ali Mohammadi. Journal of Geographic Information System > Vol.11 No.1, February 2019.

77. Novikov, I.A. Research of influence of time of reaction of driver on the calculation of the capacity of the highway / A.G. Shevtsova, I.A. Novikov, A.E. Borovskoy // Transport problems – 2015. – Vol. 10, Is. 3. P 53–59.

78. Application of GIS for Urban Traffic Accidents: A Critical Review Niloofar Haji Mirza Aghasi. Graduate School of Life and Environmental Science, Division of Spatial Information Science, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan.

79. Distefano V, Maggio S, Palma M. A webgis for road accidents monitoring in an urban area. Geoinfor Geostat: An Overview S2.

80. Podoprighora, N. Methods of assessing the influence of operational factors on brake system efficiency in investigating traffic accidents / N. Podoprighora, V. Dobromirov, A. Pushkarev, V. Lozhkin // Transportation Research Procedia - 2017. - pp. 516-522.

81. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности/ С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с.

82. Jolliffe I.T. Principal Component Analysis, Series: Springer Series in Statistics, 2nd ed., Springer, NY, 2002, XXIX, 487 p. 28 illus. ISBN978-0-387-95442-4

83. Gorban A. N., Kegl B., Wunsch D., Zinovyev A. Y. (Eds.), Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction, Series: Lecture Notes in Computational Science and Engineering 58, Springer, Berlin — Heidelberg — New York, 2007, XXIV, 340 p. 82 illus. ISBN 978-3-540-73749-0.

84. Schnabel, W. Grundlagen der strassenverkehrstechnik und der verkehrsplanung / W. Schnabel, Dieter Lohse. DIN, Kirschaum, Beuth. Berlin, Wien, Zuerich - 2011. Band 1. – 619 p., Band 2. – 632 p.

85. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов/ Пер. с англ. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 232 с.

86. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч. У. «Факторный анализ: статистические методы и практические вопросы» / сборник работ «Факторный, дискриминантный и кластерный анализ»: пер. с англ.; Под. ред. И. С. Енюкова. - М.: «Финансы и статистика», 1989. - 215 с.

87. Python. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.python.org/>

88. NumPy. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.numpy.org/>

89. Кравченко, А.А. Совершенствование системы контроля соблюдения ПДД на основе использования электронных тахографов и геодезически привязанных дислокаций знаков и дорожной разметки / А.Е. Боровской, М.Ю., Яблоновская, Т.А. Титова // IV Международная научно-практическая конференция «ГЛОНАСС-регионам, 2014», под общей редакцией А.Н. Новикова. - 2014, с. 15-19.

90. Кравченко, А.А. Роль телематических систем в определении характеристик транспортного потока / А.М. Лукьянов, А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков, Е.И. Яковлева // в сборнике: ГЛОНАСС - Регионам Материалы 4-ой Всероссийской научно-практической конференции, под общей редакцией А.Н. Новикова. - 2014. с. 15-19.

91. Кравченко, А.А. Влияние режимов функционирования парковочного пространства на характеристики транспортного потока прилегающих участков УДС / А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков // в сборнике: Информационные технологии и инновации на транспорте материалы 2-ой Международной научно-практической конференции, под общей редакцией А.Н. Новикова. - 2016. с. 350-356.

92. Кравченко, А.А. Формирование динамической модели транспортной системы на примере Белгородской агломерации / А.Е. Боровской, С.И. Соколов, Е.И. Ходырева // в сборнике: Организация и безопасность дорожного движения Материалы IX всероссийской научно-практической конференции (с

международным участием), посвящённой памяти профессора, доктора технических наук Резника Л.Г., под общей редакцией А.Н. Новикова. - 2016. с. 58-64.

93. Кравченко, А.А. Использование систем спутниковой навигации для прогнозирования характеристик транспортных потоков / А.М. Лукьянов, А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков // в сборнике: Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования), под общей редакцией А.Н. Новикова. - 2017. с. 81-83.

94. Кравченко, А.А. Интеграция современных средств фотовидеофиксации нарушений ПДД в систему управления светофорными объектами / А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков, Н.А. Буряченко // в сборнике: Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования). - 2017. с. 78-80.

95. Кравченко, А.А. Использование современных гис-систем в контроле за нормативным обустройством и содержанием улично-дорожной сети техническими средствами организации дорожного движения Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. / Н.В. Смоляков, А.Е. Боровской, Е.И. Глущенко, В.Э. Харузин. - 2018. № 1 (1). с. 114-121.

96. Кравченко, А.А. О развитии системы мониторинга и контроля организации дорожного движения на основе телематических данных и геоинформационных систем Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. / Н.В., Смоляков А.Е., Боровской, В.Э. Харузин. - 2018. № 1 (1). с. 389-398.

97. Андреев, К.П. Оценка безопасности транспортных узлов средствами компьютерного моделирования / К.П. Андреев, А.А. Кильдишев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Бюллетень транспортной информации. - 2019. - № 1 (283). - С. 20-23.

98. Kravchenko, A.A. Development of a graphical method for choosing the optimal mode of traffic light Journal of Physics: Conference Series / Novikov A.N., Katunin A.A., Novikov I.A., Shevtsova A.G. - 2018. Т. 1015. с. 032127.

99. Kravchenko, A.A. Assessment of the level of influence of weather conditions on the mode of operation of the regulated intersection MATEC Web of Conferences 298, 00077 (2019) / A. Shevtsova, V. Vasilyeva // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science (ICMTMTE 2019)

100. Кравченко, А.А. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации / И.А. Новиков, А.Г. Шевцова, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. № 3 (66). с. 58-64.

101. Кравченко, А.А. Влияние состояния качества автомобильных дорог на ДТП / Л.А. Королева, Л.Е. Кущенко, П.П. Рыжкин // Мир транспорта и технологических машин. - 2020. - № 1(68), с.49-58

102. Кравченко, А.А. Повышение безопасности движения и прогнозирование ДТП на пешеходных переходах / Ю.С. Шатова, Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко // SATPID-2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Russia, Nalchik, pp. 1-7.

103. Кравченко, А.А. Исследование эколого-экономических показателей автомобильного транспорта в городской агломерации Белгородской области / Е.В. Давыдова, Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко // Мир транспорта и технологических машин. - 2021, № 2(73) - с.83-91.

Данные геоинформационного анализа ДТП наезда на пешеходов за городом

№ п/п	Широта/долгота ДТП	Протяженность прямолинейного участка, м	Возможные точки концентрации внимания	
			Вид	Удаление от места ДТП, м
1	2	3	4	5
1	49.913375, 38.927951	1690	Примыкание грунтовой дороги	5
			Примыкание грунтовой дороги	340
			Примыкание грунтовой дороги	413
2	50.469791, 37.838180	1045	Мост	5
			Примыкание	520
			Примыкание	684
3	50.554582, 36.495767	515	Примыкание	3
			Остановка общественного транспорта	275
			Пешеходный переход	250
4	50.614903, 36.462454	905	Остановка общественного транспорта	230
			Примыкание	353
			Примыкание	220
5	50.41169, 36.983757	1423	Ж/Д переезд	293
			Выезд с предприятия	450
			Примыкание	627
			Выезд с предприятия	420
			Примыкание	720
6	50.183301, 38.313103	2900	Примыкание грунтовой дороги	360
			Примыкание	515
			Остановка общественного транспорта	467
			Остановка общественного транспорта	565
			Остановка общественного транспорта	1140
7	50.566721, 36.338053	1525	Примыкание	375
			Примыкание грунтовой дороги	984
8	50.701242, 36.557093	1015	Пересечение	380
			Пешеходный переход	175
			Остановка общественного транспорта	157

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5
9	50.688438, 38.660824	3668	Примыкание	130
			Примыкание грунтовой дороги	220
10	50.514354, 36.716137	1200	Пешеходный переход	70
			Заезд в микрорайон	98
			Выезд с предприятия	150
			Остановка общественного транспорта	30
			Остановка общественного транспорта	110
			Примыкание	157
			Пересечение	1
11	50.461848, 36.743989	1275	Примыкание	200
			Примыкание	864
12	38.167105,50.1916	398	-	-
13	38.167105,50.1916	2032	Выезд с предприятия	22
			Выезд с предприятия	475
			Выезд с предприятия	653
			Примыкание	1336
			Примыкание	1445
14	36.662182,50.794468	1971	Примыкание	0
			Примыкание	100
			Примыкание	312
			Парковка	545
			Примыкание	782
			Примыкание	952
			Пешеходный переход	1037
			Выезд с предприятия	1058
			Остановка общественного транспорта	1118
			Выезд с предприятия	1325
			15	36.662182,50.794468
16	38.853836,50.559633	424	Примыкание грунтовой дороги	233
			Примыкание	0
			Примыкание	110

Продолжение приложения А

1	2	3	4	5
17	35.671105,50.766512	1057	Примыкание грунтовой дороги	403
			Примыкание грунтовой дороги	625
			Примыкание грунтовой дороги	797
18	37.740998,50.734567	505	-	-
19	36.484855,50.911496	1367	Примыкание грунтовой дороги	133
			Примыкание грунтовой дороги	603
20	38.167105,50.1916	1162	Примыкание грунтовой дороги	277
			Примыкание	174
21	50,666546 38,230963	7863	Примыкание грунтовых дорог	106
			Примыкание грунтовых дорог	921
			Примыкание	1584
			Примыкание	2488
			Пешеходный переход	3973
			Примыкание	4000
			Пешеходный переход	4148
Примыкание	4492			
22	50,809379 36,528747	1491	Примыкание грунтовых дорог	1124
23	50,590621 36,771433	716	Пешеходный переход	42
			Примыкание	7
			Остановка общественного транспорта	74
			Примыкание	660
24	51,121627 36,889386	665	Примыкание	3
			Примыкание	140
			Примыкание	372
			Примыкание	440
25	50,733488 36,857961	214		
26	51,077699 36,097126	1737	Примыкание грунтовых дорог	133
			Примыкание грунтовых дорог	452

1	2	3	4	5
27	50,873984 36,417704	3829	Примыкание	871
			Примыкание	299
			Примыкание	1160
			Пешеходный переход	1473
			Остановка общественного транспорта	1473
			Остановка общественного транспорта	1496
28	51,321246 37,686206	3136	Примыкание	136
			Примыкание	987
			Примыкание	1176
			Примыкание грунтовых дорог	957
29	50,617831 38,606815	1032	Примыкание	3
			Примыкание	462
			Мост	221
30	50,492354 37,247944	1412	Примыкание грунтовых дорог	428
			Примыкание	430
31	50,925281 36,709013	105		
32	51,100881 36,709013	185		
33	50,490573 36,575407	1070	Примыкание	86
			Пешеходный переход	98
			Примыкание	357
			Остановка общественного транспорта	441
			Пешеходный переход	482
			Примыкание	502
Остановка общественного транспорта	571			
34	50.639691 , 36.133442	1116	примыкание	55
			АЗС	233
			Примыкание	440
			Парковка	61
			Остановка общественного транспорта	523
			пешеходный переход	543
			Остановка общественного транспорта	644





1	2	3	4	5
35	50.961454 , 38.071404	10998	примыкание	289
			примыкание	24
			примыкание	1160
			примыкание	3000
			примыкание	3524
			примыкание	4315
			примыкание	5156
			примыкание	5494
			примыкание	8040
			примыкание	8999
36	50.658303 , 36.607196	2031	Остановка общественного транспорта	62
			пешеходный переход	50
			Остановка общественного транспорта	79
			примыкание	950
			Остановка общественного транспорта	1543
			пешеходный переход	1569
			примыкание	1587
37	51.101366 , 36.280460	6167	пешеходный переход	363
			Остановка общественного транспорта	395
			Примыкание	2184
			Примыкание	3047
			Примыкание	3431
			Примыкание	4563
38	50.604187 , 38.659129	2597	АЗС	4874
			Примыкание	155
			Остановка общественного транспорта	68
			пешеходный переход	91
			Остановка общественного транспорта	121
			примыкание	472
			примыкание	1047
примыкание	1316			






1	2	3	4	5
39	50.684441 , 36.746264	2901	Примыкание	649
			Примыкание	1004
			Остановка общественного транспорта пешеходный переход	361
			пешеходный переход	444
			Примыкание	482
40	50.896537 , 36.378136	2508	примыкание	1291
41	50.469715 , 36.578422	2785	Примыкание	298
			Примыкание	243
			Остановка общественного транспорта	179
			пешеходный переход	279
			Остановка общественного транспорта	304
			Остановка общественного транспорта	545
			Примыкание	609
			пешеходный переход	638
			Остановка общественного транспорта	738
			примыкание	455
			примыкание	510
			Примыкание	655
			Остановка общественного транспорта	850
			пешеходный переход	876
			примыкание	909
Остановка общественного транспорта	985			
42	51.335451 , 37.762660	10830	примыкание	289
			примыкание	66
43	50.183301, 37,76266	0	-	-
44	50,192513 38,168435		-	-
45	51.337804 37.929161	25	Примыкание	15
			Примыкание	5
			Пересечение	6
46	50.299511 36.595373	2265	-	
47	50.259875 38.25477	4400	Примыкание грунтовой дороги	1131
			Примыкание грунтовой дороги	646







1	2	3	4	5
48	50.842221 36.466928	5381	Пересечение	998
			Пересечение	1428
			Остановка общественного транспорта	1122
			Пешеходный переход	1140
			Остановка общественного транспорта	1162
49	50.496067 37.872813 8	2951	Пересечение	404
			Примыкание грунтовой дороги	776
			Пересечение	720
50	50.613644 36.00283	100	Пешеходный переход	315
			Пересечение	356
			Примыкание	284
			Примыкание	354
51	51.221118 37.871354	72	Примыкание грунтовой дороги	140
			Выезд с предприятия	188
52	50.706406 38.65591	1010	Примыкание	228
			Пересечение	404
			Пешеходный переход	562
			Остановка общественного транспорта	218
			Остановка общественного транспорта	606
53	50.511 37.8671	2030	Пересечение	10
			Примыкание грунтовой дороги	932
54	50.568342 38.425058	1428	Примыкание грунтовой дороги	46
			Пересечение	718
			Пешеходный переход	760
55	50.911584 36.377792	1500	Пересечение	500
			Пешеходный переход	713
			Остановка общественного транспорта	693
			Остановка общественного транспорта	730
56	50.693685 36.568637	1656	Пешеходный переход	318
			Пересечение	868







Приложение Б







**Данные геоинформационного анализа мест ДТП с участием пешеходов за
чертой населенного пункта**






№ п/п	Долгота	Широта	Снимок	Коэффициент сложности пересечения
1	2	3	4	5
1	38.927951	49.913375		0 - простой
2	37.83818	50.469791		0 - простой
3	35.593665	50.836123		26 - простой
4	36.985302	50.419607		0 - простой


1	2	3	4	5
5	38.073335	50.226755		52 – средней сложности
6	36.462454	50.614903		0 - простой
7	36.559249	50.568513		186 – очень сложный
8	36.571963	50.633812		262 – очень сложный
9	36.539412	50.447011		0 - простой

1	2	3	4	5
10	37.866526	51.032327		0 - простой
11	36.716137	50.514354		48 – средней сложности
12	36.411824	51.09983		0 - простой
13	50.450905	36.39219		0 - простой
14	37.507496	51.356541		0 -простой
15	38.266025	50.286255		26 - простой

1	2	3	4	5
16	36.528747	50.809379		0 - простой
17	37.89721	51.293646		0 - простой
18	36.889386	51.121627		26 - простой
19	36.857961	50.733488		0 - простой
20	36.097126	51.077699		0 - простой
21	37.830058	51.3012		0 - простой




1	2	3	4	5
22	36.014782	50.925281		0 - простой
23	36.575407	50.490573		0 – простой
24	36.133442	50.639691		0 – простой
25	36.466284	50.635479		48 – средней сложности
26	36.754675	50.694582		0 - простой
27	37.125689	51.08146		26 - простой






1	2	3	4	5
28	38.168435	50.192513		14 - простой
29	38.25477	50.259875		0 - простой
30	37.872813	50.496067		0 - простой
31	37.871354	51.221118		0 - простой
32	38.425058	50.568342		0 - простой







1	2	3	4	5
33	36.568637	50.693685		0 - простой







Приложение В







**Данные геоинформационного анализа мест ДТП с участием пешеходов
за чертой населенного пункта**






№ п/п	Долгота	Широта	Снимок	Коэффициент сложности пересечения	Итоговые коэффициенты аварийности	Нормированный коэффициент аварийности	Соответствие
1	38.92 7951	49.91 3375		0 - просто й	14,7	25... 40	Соотв етств ует
2	37.83 818	50.46 9791		0 - просто й	11,4	25... 40	Соотв етств ует
3	35.59 3665	50.83 6123		26 - просто й	62,3 7	25... 40	Не соотв етств ует



4	36.98 5302	50.41 9607		0 - просто й	8,01 9	25... 40	Соотв етств ует
5	38.07 3335	50.22 6755		52 - средне й сложно сти	3,68 6	25... 40	Соотв етств ует
6	36.46 2454	50.61 4903		0 - просто й	2,53	25... 40	Соотв етств ует
7	36.55 9249	50.56 8513		186 - очень сложн ый	2,81 9	25... 40	Соотв етств ует
8	36.57 1963	50.63 3812		262 - очень сложн ый	25,9 15	25... 40	Не соотв етств ует

9	36.53 9412	50.44 7011		0 - просто й	8,22 4	25... 40	Соотв етств ует
10	37.86 6526	51.03 2327		0 - просто й	18,2 25	25... 40	Соотв етств ует
11	36.71 6137	50.51 4354		48 - средне й сложно сти	0,21 6	25... 40	Соотв етств ует
12	36.41 1824	51.09 983		0 - просто й	4,32	25... 40	Соотв етств ует
13	50.45 0905	36.39 219		0 - просто й	2,62 5	25... 40	Соотв етств ует
14	51.35 6541	37.50 7496		0 - просто й	10,9 14	25... 40	Соотв етств ует

15	50.28 6255	38.26 6025		26 просто й	-	27	25... 40	Не соотв етств ует
16	50.80 9379	36.52 8747		0 просто й	-	2,97	25... 40	Соотв етств ует
17	51.29 3646	37.89 721		0 просто й	-	2,97	25... 40	Соотв етств ует
18	51.12 1627	36.88 9386		26 просто й	-	23,6 25	25... 40	Соотв етств ует
19	50.73 3488	36.85 7961		0 просто й	-	2,52	25... 40	Соотв етств ует
20	51.07 7699	36.09 7126		0 просто й	-	3,80 6	25... 40	Соотв етств ует

21	51.30 12	37.83 0058		0 - просто й	2,53 2	25... 40	Соотв етств ует
22	50.92 5281	36.01 4782		0 - просто й	3,80 6	25... 40	Соотв етств ует
23	50.49 0573	36.57 5407		0 - просто й	4,05 7	25... 40	Соотв етств ует
24	50.63 9691	36.13 3442		0 - просто й	4,60 6	25... 40	Соотв етств ует
25	50.63 5479	36.46 6284		48 - средне й сложно сти	1,57 3	25... 40	Соотв етств ует
26	50.69 4582	36.75 4675		0 - просто й	5,90 6	25... 40	Соотв етств ует

27	51.08 146	37.12 5689		26 просто й	-	55,3 7	25... 40	Соотв етств ует
28	50.19 2513	38.16 8435		14 просто й	-	48,1 14	25... 40	Не соотв етств ует
29	50.25 9875	38.25 477		0 просто й	-	5,25	25... 40	Соотв етств ует
30	50.49 6067	37.87 2813		0 просто й	-	3,93 7	25... 40	Соотв етств ует
31	51.22 1118	37.87 1354		0 просто й	-	5,90 6	25... 40	Соотв етств ует

32	50.56 8342	38.42 5058		0 - просто й	18,9 8	25... 40	Соотв етств ует
33	50.69 3685	36.56 8637		0 - просто й	212, 625	25... 40	Не соотв етств ует

Качественные оценки экспертов, переведенные в нечёткие числа

μ	Г ₁		Г ₂		Г ₃		Г ₄		Г ₅		Г ₆		Г ₇		Г ₈		Г ₉		Г ₁₀		$\sum_{j=1}^m r_{ij}/m$	
	Средний		Ниже среднего		Выше среднего		Выше среднего		Средний		Ниже среднего		Выше среднего		Средний		Средний		Выше среднего			
	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ	ЛГ	ПГ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1																						
0	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,1	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,2	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,3	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,4	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,5	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,6	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,7	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,8	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,08	0,57	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,284	0,782
0,9	0,32	0,68	0,15	0,51	0,48	0,85	0,48	0,85	0,32	0,68	0,15	0,51	0,48	0,85	0,32	0,68	0,32	0,68	0,48	0,85	0,35	0,714
1	0,5	0,5	0,3	0,35	0,67	0,67	0,67	0,67	0,5	0,5	0,3	0,35	0,67	0,67	0,5	0,5	0,5	0,5	0,67	0,67	0,528	0,538
2																						
0	0,5	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,5	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,452	0,952
0,1	0,5	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,5	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,452	0,952
0,2	0,5	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,5	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,452	0,952
0,3	0,5	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,5	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,452	0,952
0,4	0,5	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,5	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,452	0,952
0,5	0,5	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,5	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,452	0,952
0,6	0,6	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,6	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,466	0,952
0,7	0,6	1,0	0,42	0,92	0,5	1	0,5	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,6	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,466	0,952
0,8	0,8	1,0	0,42	0,92	0,57	1	0,57	1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,8	1,0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,516	0,952
0,9	0,8	1,0	0,48	0,85	0,65	1	0,65	1	0,48	0,85	0,48	0,85	0,48	0,85	0,8	1,0	0,48	0,85	0,48	0,85	0,586	0,91
1	1,0	1,0	0,67	0,67	0,83	0,83	0,83	0,83	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	1,0	1,0	0,67	0,67	0,67	0,67	0,758	0,768

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
3																						
0	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,1	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,2	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,3	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,4	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,5	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,6	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,7	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,8	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,42	0,92	0,08	0,57	0,267	0,764
0,9	0,32	0,68	0,48	0,85	0,48	0,85	0,32	0,68	0,48	0,85	0,15	0,51	0,15	0,51	0,32	0,68	0,48	0,85	0,15	0,51	0,333	0,697
1	0,5	0,5	0,67	0,67	0,67	0,67	0,5	0,5	0,67	0,67	0,3	0,35	0,3	0,35	0,5	0,5	0,67	0,67	0,3	0,35	0,508	0,523
4																						
0	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,1	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,2	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,3	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,4	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,5	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,6	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,7	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,8	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,42	0,92	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0,124	0,596
0,9	0	0,35	0,15	0,51	0	0,35	0	0,35	0,15	0,51	0,48	0,85	0,15	0,51	0,15	0,51	0,32	0,68	0,32	0,68	0,172	0,53
1	0,17	0,17	0,3	0,35	0,17	0,17	0,17	0,17	0,3	0,35	0,67	0,67	0,3	0,35	0,3	0,35	0,5	0,5	0,5	0,5	0,338	0,358
5																						
0	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785
0,1	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785
0,2	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785
0,3	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,4	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785
0,5	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785
0,6	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785
0,7	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,5	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,301	0,785
0,8	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,57	1	0,25	0,75	0,25	0,75	0,42	0,92	0,57	1	0	0,42	0	0,42	0,315	0,785
0,9	0,48	0,85	0,48	0,85	0,32	0,68	0,65	1	0,32	0,68	0,32	0,68	0,48	0,85	0,65	1	0	0,35	0	0,35	0,37	0,729
1	0,67	0,67	0,67	0,67	0,5	0,5	0,83	0,83	0,5	0,5	0,5	0,5	0,67	0,67	0,83	0,83	0,17	0,17	0,17	0,17	0,551	0,551
6																						
0	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,1	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,2	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,3	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,4	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,5	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,6	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,7	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,8	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,25	0,75	0,08	0,57	0	0,42	0,099	0,564
0,9	0	0,35	0	0,35	0,15	0,51	0,15	0,51	0,32	0,68	0,32	0,68	0	0,35	0,32	0,68	0,15	0,51	0	0,35	0,141	0,497
1	0,17	0,17	0,17	0,17	0,3	0,35	0,3	0,35	0,5	0,5	0,5	0,5	0,17	0,17	0,5	0,5	0,3	0,35	0,17	0,17	0,308	0,323
7																						
0	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,1	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,2	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,3	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,4	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,5	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,6	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,7	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48
0,8	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0	0,42	0,08	0,57	0,08	0,57	0	0,42	0,08	0,57	0	0,42	0,032	0,48

Окончание приложения Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0,9	0	0,35	0	0,35	0,15	0,51	0	0,35	0	0,35	0,15	0,51	0,15	0,51	0	0,35	0,15	0,51	0	0,35	0,06	0,414
1	0,17	0,17	0,17	0,17	0,3	0,35	0,17	0,17	0,17	0,17	0,3	0,35	0,3	0,35	0,17	0,17	0,3	0,35	0,17	0,17	0,222	0,242
8																						
0	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,1	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,2	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,3	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,4	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,5	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,6	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,7	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,5	1	0	0,42	0	0,42	0,251	0,727
0,8	0,25	0,75	0,42	0,92	0,42	0,92	0,42	0,92	0,25	0,75	0,25	0,75	0	0,42	0,57	1	0	0,42	0	0,42	0,258	0,727
0,9	0,32	0,68	0,48	0,85	0,48	0,85	0,48	0,85	0,32	0,68	0,32	0,68	0	0,35	0,65	1	0	0,35	0	0,35	0,305	0,664
1	0,5	0,5	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,5	0,5	0,5	0,5	0,17	0,17	0,83	0,83	0,17	0,17	0,17	0,17	0,485	0,485

Приложение Д

Расстояние Хемминга для каждого из участков

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Участок 1								
X	U1	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	0,917061	0	0	0	0	0
0,05	0	0,969068	0,958603	0	0	0	0	0
0,1	0	0,931746	0,986407	0,844412	0	0	0	0
0,15	0	0,881897	0,999196	0,901157	0	0	0	0
0,2	0	0,821704	0,996374	0,946725	0	0	0	0
0,25	0	0,753686	0,978074	0,979095	0,821704	0	0	0
0,3	0	0,680522	0,945144	0,996788	0,881897	0	0	0
0,35	0	0,604883	0,899087	0,998983	0,931746	0	0	0
0,4	0	0,350729	0,038057	0,105576	0,089068	0,88	0,88	0,88
0,45	0	0,444108	0,123859	0,057194	0,092176	0,036355	0,9	0,9
0,5	0	0,93	0,22567	0,014861	0,07	0,012939	0,222717	0,474108
0,55	0	0,98	0,98	0,118707	0,012176	0,021397	0,201094	0,450729
0,6	0	0,99	0,99	0,99	0,020932	0,003593	0,145588	0,385117
0,65	0	1	1	1	0,068254	0,000804	0,098843	0,319478
0,7	0	0,9	0,9	0,9	0,018103	0,096374	0,046725	0,146314
0,75	0	0	0	0	0,821704	0,978074	0,979095	0,821704
0,8	0	0	0	0	0	0,945144	0,996788	0,881897
0,85	0	0	0	0	0	0,899087	0,998983	0,931746
0,9	0	0	0	0	0	0,841943	0,985576	0,969068
0,95	0	0	0	0	0	0	0,957194	0,992176
1	0	0	0	0	0	0	0,915139	1
Расстояние Хемминга								
		12,23834	11,93753	8,853498	3,82776	4,71571	8,327742	9,152337
Участок 2								
X	U1	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	0,917061	0	0	0	0	0
0,05	0	0,969068	0,958603	0	0	0	0	0
0,1	0	0,931746	0,986407	0,844412	0	0	0	0
0,15	0	0,881897	0,999196	0,901157	0	0	0	0
0,2	0	0,821704	0,996374	0,946725	0	0	0	0
0,25	0	0,753686	0,978074	0,979095	0,821704	0	0	0

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,3	0	0,680522	0,945144	0,996788	0,881897	0	0	0
0,35	0	0,604883	0,899087	0,998983	0,931746	0	0	0
0,4	0	0,320729	0,008057	0,135576	0,119068	0,85	0,85	0,85
0,45	0	0,444108	0,123859	0,057194	0,092176	0,036355	0,9	0,9
0,5	0	0,94	0,23567	0,024861	0,06	0,022939	0,232717	0,484108
0,55	0	0,98	0,98	0,118707	0,012176	0,021397	0,201094	0,450729
0,6	0	1	1	1	0,030932	0,013593	0,155588	0,395117
0,65	0	0,9	0,9	0,9	0,031746	0,099196	0,001157	0,219478
0,7	0	0,86	0,86	0,86	0,021897	0,136374	0,086725	0,106314
0,75	0	0,83	0,83	0,83	0,008296	0,148074	0,149095	0,008296
0,8	0	0,81	0,81	0,81	0,81	0,135144	0,186788	0,071897
0,85	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,099087	0,198983	0,131746
0,9	0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,141943	0,285576	0,269068
0,95	0	0	0	0	0	0	0,957194	0,992176
1	0	0	0	0	0	0	0,915139	1
Расстояние Хемминга								
		15,22834	14,92753	11,9035	5,321638	1,704102	5,120056	5,878929
Участок 3								
X	U1	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	0,917061	0	0	0	0	0
0,05	0	0,969068	0,958603	0	0	0	0	0
0,1	0	0,931746	0,986407	0,844412	0	0	0	0
0,15	0	0,881897	0,999196	0,901157	0	0	0	0
0,2	0	0,821704	0,996374	0,946725	0	0	0	0
0,25	0	0,753686	0,978074	0,979095	0,821704	0	0	0
0,3	0	0,680522	0,945144	0,996788	0,881897	0	0	0
0,35	0	0,604883	0,899087	0,998983	0,931746	0	0	0
0,4	0	0,270729	0,041943	0,185576	0,169068	0,8	0,8	0,8
0,45	0	0,394108	0,073859	0,107194	0,142176	0,013645	0,85	0,85
0,5	0	0,9	0,19567	0,015139	0,1	0,017061	0,192717	0,444108
0,55	0	0,97	0,97	0,108707	0,022176	0,011397	0,191094	0,440729
0,6	0	0,99	0,99	0,99	0,020932	0,003593	0,145588	0,385117
0,65	0	1	1	1	0,068254	0,000804	0,098843	0,319478
0,7	0	0,9	0,9	0,9	0,018103	0,096374	0,046725	0,146314
0,75	0	0,87	0,87	0,87	0,048296	0,108074	0,109095	0,048296

Окончание приложения Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,8	0	0,85	0,85	0,85	0,85	0,095144	0,146788	0,031897
0,85	0	0,83	0,83	0,83	0,83	0,069087	0,168983	0,101746
0,9	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,041943	0,185576	0,169068
0,95	0	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,207194	0,242176
1	0	0	0	0	0	0	0,915139	1
Расстояние Хемминга								
		16,16834	15,95142	13,07378	6,454352	2,007122	4,057742	4,978929
Участок 4								
X	U1	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	0,917061	0	0	0	0	0
0,05	0	0,969068	0,958603	0	0	0	0	0
0,1	0	0,931746	0,986407	0,844412	0	0	0	0
0,15	0	0,881897	0,999196	0,901157	0	0	0	0
0,2	0	0,821704	0,996374	0,946725	0	0	0	0
0,25	0	0,753686	0,978074	0,979095	0,821704	0	0	0
0,3	0	0,680522	0,945144	0,996788	0,881897	0	0	0
0,35	0	0,604883	0,899087	0,998983	0,931746	0	0	0
0,4	0	0,320729	0,008057	0,135576	0,119068	0,85	0,85	0,85
0,45	0	0,414108	0,093859	0,087194	0,122176	0,006355	0,87	0,87
0,5	0	0,9	0,19567	0,015139	0,1	0,017061	0,192717	0,444108
0,55	0	0,94	0,94	0,078707	0,052176	0,018603	0,161094	0,410729
0,6	0	0,98	0,98	0,98	0,010932	0,006407	0,135588	0,375117
0,65	0	1	1	1	0,068254	0,000804	0,098843	0,319478
0,7	0	0,9	0,9	0,9	0,018103	0,096374	0,046725	0,146314
0,75	0	0,87	0,87	0,87	0,048296	0,108074	0,109095	0,048296
0,8	0	0,85	0,85	0,85	0,85	0,095144	0,146788	0,031897
0,85	0	0,83	0,83	0,83	0,83	0,069087	0,168983	0,101746
0,9	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,041943	0,185576	0,169068
0,95	0	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,197194	0,232176
1	0	0	0	0	0	0	0,915139	1
Расстояние Хемминга								
		16,20834	15,90753	12,97378	6,414352	2,069852	4,077742	4,998929

Акты внедрения



**ОБЛАСТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
«УПРАВЛЕНИЕ
ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА И ТРАНСПОРТА
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ»
(ОГКУ «УпрДорТранс Белгородской области»)**

Преображенская ул., 19, г. Белгород, 308000
тел. (4722) 27-13-60, факс (4722) 32-62-77
e-mail: uprdor@mail.ru,
http://beluprdor.ru
ОКПО 22276292, ОГРН 1133123003444
ИНН/КПП 3123361404/342301001

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ОГКУ «Управление
дорожного хозяйства
и транспорта Белгородской области»
Втушенко С.В.



№ _____ от _____ 2021 г.

АКТ

о практическом внедрении результатов диссертационной работы
Кравченко А.А. «Совершенствование методики определения мест
возникновения дорожно-транспортных происшествий»

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: Диденко Е.А. – начальник отдела развития дорожной сети и проектной деятельности ОГКУ «Управление дорожного хозяйства и транспорта Белгородской области», Безродных А.А. консультант отдела развития дорожной сети и проектной деятельности ОГКУ «Управление дорожного хозяйства и транспорта Белгородской области», Воробьев А.М. консультант отдела развития дорожной сети и проектной деятельности ОГКУ «Управление дорожного хозяйства и транспорта Белгородской области» составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования «Совершенствование методики определения мест возникновения дорожно-транспортных происшествий» соискателя Кравченко А.А. применяются ОГКУ «Управление дорожного хозяйства и транспорта Белгородской области» для исследования безопасности дорожного движения на объектах проектирования в Белгородской агломерации в составе информационно-аналитической системы.

При исследовании по безопасности дорожного движения в информационно-аналитической системе на дорогах общего пользования регионального значения, были предложены следующие мероприятия по повышению БДД: строительство 9 светофорных объектов на дорогах общего пользования областного значения, снижения скоростного режима на 48 участках с зонами контроля системами фотовидеофиксации (ФВФ). В результате эффективность принятых решений составила: из 42 ДТП со смертельным исходом, за 5 месяцев 2021 года, только 2 попали в зону действия камер ФВФ, то есть эффективность камер составляет 95,2%; внедрение светофорных объектов – 100%, в местах установки ДТП не зарегистрировано.

Председатель комиссии _____ Диденко Е.А.

Члены комиссии: _____ Безродных А.А.

_____ Воробьев А.М.



МВД России
Управление
Министерства внутренних дел
Российской Федерации
по Белгородской области
(УМВД России по Белгородской области)

проспект Славы, 70, Белгород, 308000

№ 014

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Начальник УГИБДД УМВД
России по Белгородской области

О.В. Толстой О.В.

«20» 05 2021 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования
«Совершенствование методики определения мест возникновения
дорожно-транспортных происшествий» соискателя Кравченко А.А.

В результате выполнения диссертационного исследования соискателем Кравченко А.А. на тему «Совершенствование методики определения мест возникновения дорожно-транспортных происшествий» произведена обработка массива статистической информации о совершенных дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) на территории Белгородской области за 2015-2020 гг. В разработанной автором информационно-аналитической системе установлены взаимосвязи между факторами, описывающими совершенное ДТП и участками дороги общего пользования или улично-дорожной сети населенных пунктов.

Комиссия в составе: Смирнов А.В. – начальник отдела надзора УГИБДД УМВД России по Белгородской области, Лесной А.А. – заместитель начальника отдела надзора УГИБДД УМВД России по Белгородской области, Решетников А.А. – заместитель начальника отдела надзора УГИБДД УМВД России по Белгородской области подтверждает настоящим актом применение вышеуказанных результатов для разработки мер.

Использование результатов диссертационного исследования и информационно-аналитической системы, разработанных Кравченко А.А., позволит производить предупредительные меры по предотвращению дорожно-транспортных происшествий на дорогах общего пользования и улично-дорожной сети населенных пунктов Белгородской области

Председатель комиссии

Члены комиссии:

Смирнов А.В. Смирнов А.В.

Лесной А.А. Лесной А.А.

Решетников А.А. Решетников А.А.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
 УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»
 (БГТУ им. В.Г. Шухова)

Костюкова ул., д.46, Белгород, 308012, тел.(4722)54-20-87, факс (4722)55-71-39.
 E-mail: rector@intbel.ru, <http://www.bstu.ru>



УТВЕРЖДАЮ
 Первый проректор
 Евтушенко Е.И.
 06 2021 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Комиссия в составе Новиков И.А. – директор транспортно-технологического института, Загородний Н.А. – заведующий кафедрой эксплуатации и организации движения автотранспорта, Солодовников Д.Н. – доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта, настоящим актом подтверждает внедрение результатов научно-исследовательской работы на тему «Совершенствование методики определения мест возникновения дорожно-транспортных происшествий», автор – Кравченко А.А., в учебный процесс кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта».


Материалы исследований используются для преподавания дисциплин «Организация дорожного движения» и «Дорожный надзор» у студентов направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», а также дисциплины «Методология проектирования транспортных систем» у магистрантов направления подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов».

Председатель комиссии:

 Новиков И.А.

Члены комиссии:

 Загородний Н.А.

 Солодовников Д.Н.