Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный университет»

На правах рукописи

ПЕТРОВ Артур Игоревич

МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗОВАННОСТЬЮ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:

д-р. техн. наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ
ЕВТЮКОВ Сергей Аркадьевич

Тюмень – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……... 8
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ (БДД): ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС, АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ФАКТОЛОГИЯ В СФЕРЕ БДД ……. 19
1.1. Понятие безопасности дорожного движения (БДД) в автотранспортном комплексе. Показатели БДД …… 19
1.2. Автомобиль, водитель, дорога, среда и анализ подходов к обеспечению БДД …….. 21
1.2.1. Краткие сведения об истории развития проблематики обеспечения безопасности дорожного движения (ОБДД)……. 21
1.2.2. Краткий хронологический анализ вклада отечественных ученых в автомобильную теорию и сопряженные с ней основы ОБДД (общие вопросы) ……..... 24
1.2.3. Краткий анализ результатов исследований зарубежных авторов в сфере повышения БДД (общие вопросы) …….. 26
1.3. Анализ результатов самых последних (2017…2025 гг.) диссертационных исследований в сфере БДД отечественных ученых 30
1.4. Динамика состояния БДД в Российской Федерации: статистика, факты, количественная и качественная оценка. Особая роль водителя в формировании дорожно-транспортной аварийности ……. 31
1.4.1. Специфика дорожно-транспортной аварийности в России (2015…2025 гг.) ……. 33
1.4.2. Особенности роли водителя в формировании дорожно-транспортной аварийности ……... 34
1.4.3. Специфика поведения российских водителей на дороге и анализ тенденций его изменения в последнее время …… 38
1.5. Специфика проблематики ОБДД в Российской Федерации: основные аспекты и проблематика, вызовы пространства и времени …….. 45
1.5.1. Проблема пространственной неоднородности социально-экономического развития территорий Российской Федерации 45
1.5.2. Различия уровня БДД в различных регионах (городах) России 52
1.6. Выводы и задачи исследования ……..... 54
1.7. Опубликованные автором результаты исследований, выполненные в ходе подготовки данной диссертационной работы ……... 60
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПОДХОДОВ И ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАРИЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И МЕТОДИКА ЭНТРОПИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ……. 61
2.1. Общее представление о системах …… 61
2.2. Системы ОБДД: общее понятие, уровни. Система ОБДД, как яркий пример сложной, открытой, стохастической и самоорганизующейся системы ……... 67

2.3. Организационные структуры, обеспечивающие безопасность дорожного движения: уровни, элементы и межэлементные связи. Проблема данных, необходимых для качественного управления БДД 76
2.4. Поиск научно-методических подходов к идентификации особенностей состояния и развития сложных систем. Аргументация выбора варианта энтропийного моделирования ……..... 85
2.5. Исторический экскурс в развитие представлений об энтропии ……... 91
2.6. Анализ возможностей энтропийного моделирования поведения больших и сложных систем. Требования к энтропийной модели …….. 101
2.7. Простейшая кибернетическая модель формирования БДД и ее оборотная сторона – процессная модель процесса формирования дорожной аварийности …….. 105
2.8. Организованность – системное свойство, оцениваемое посредством количественной оценки энтропии. Абстрактный пример разной степени организованности систем ОБДД ……... 110
2.9. Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем ОБДД ……... 112
ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕЦИФИКИ ЭНТРОПИЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ …….. 119
3.1. Теоретическое моделирование трендов системной динамики. Основные характеристики оценки системного поведения ……..... 119
3.1.1. Социо-технологический процесс и его характеристики ……... 119
3.1.2. Механизм формирования характеристик социо-технологического процесса …….. 123
3.1.2.1. Скорость изменения полезности процесса (V_p) …….. 128
3.1.2.2. Динамика изменения полезности процесса *(P)* …….. 129
3.1.2.3. Жизненная сила процесса *(A)* …….. 129
3.1.2.4. Запас жизненных сил процесса *(ZA)* …… 131
3.2. Исследование структурных свойств функции полезности процесса (*P*) повышения БДД ……... 133
3.3. Установление взаимосвязи структуры системы ОБДД и ее полезности *P* (результативности) ……. 139
3.4. Концептуальная модель гармоничности систем ОБДД ……. 142
3.5. Составные элементы гармоничности систем ОБДД …….. 147
3.6. Пример теоретического решения задачи оценки системной гармоничности применительно к системе ОБДД …… 150
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОССИЙСКИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПРЕДМЕТ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНОЙ СПЕЦИФИКИ ……..... 154
4.1. Источники экспериментальной информации и идентификация достоверности экспериментальных данных ……... 154
4.2. Первоначальная идентификация специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах (городах) Российской Федерации …….. 155

4.2.1. Понятие *специфики* дорожно-транспортной аварийности …… 155
4.2.2. Первичный этап анализа специфики дорожно-транспортной аварийности ……... 158
4.2.3. Использование корреляционного анализа в идентификации специфики дорожно-транспортной аварийности ……... 161
4.3. Статистическое исследование особенностей Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ систем ОБДД регионов и городов Российской Федерации …….. 168
4.3.1. Особенности статистического распределения численных значений Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}4}$ региональных систем ОБДД ……. 168
4.3.2. Особенности статистического распределения численных значений Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3.2}$ городских систем ОБДД ……..... 173
4.4. Исследование динамики (во времени) значений Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ систем ОБДД регионов и городов Российской Федерации …….. 174
4.4.1. Исследование динамики Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ общероссийской системы ОБДД во времени ……. 175
4.4.2. Исследование динамики Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ региональных систем ОБДД во времени …… 176
4.4.2.1. Временные ряды и модели динамики во времени Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}4\ ФО}$ систем ОБДД Федеральных округов РФ ……. 176
4.4.2.2. Временные ряды и модели динамики во времени Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}4\ субъект\ РФ}$ региональных систем ОБДД …… 178
4.4.3. Временные ряды и модели динамики во времени Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}4\ город\ РФ}$ систем ОБДД городов РФ ……... 187
4.4.4. Сравнительные исследования изменения во времени организованности региональных и городских систем ОБДД ... 188
4.5. Сопоставление значений Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ систем ОБДД, определенных по двум разным методиками ($H_{n\ БДД\text{-}4}$ и $H_{n\ БДД\text{-}3.2}$) 193
4.6. Философские основания для построения информационно-энтропийной концепции оценки и совершенствования качества управления БДД ……..... 196
ГЛАВА 5. ОСМЫСЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ФИЛОСОФИЯ СТРУКТУРНО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: СЛУЧАЙ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ ……. 201
5.1. Иллюстрация смысловой нагрузки использования информационно-энтропийного подхода к анализу особенностей процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в городах Российской Федерации ……. 201

5.2. Результаты изучения специфики информационной энтропии процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в городах Российской Федерации ……... 203
5.2.1. Оценка Относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД …….. 203
5.2.2. Специфика особенностей процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в городских системах ОБДД с различным уровнем организованности ……... 204
5.2.3. Структурная интерпретация результатов оценки Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3.2}$. Конкретный сравнительный пример смысловой интерпретации различных результатов оценки Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3.2}$ ……. 206
5.2.4. Объяснение различий в процессах формирования БДД в сравниваемых городах (Тюмень и Новосибирск) ……... 209
5.2.4.1. Идентификация различий в организации дорожного движения на улично-дорожной сети городов с высоким (Тюмень) и низким (Новосибирск) уровнями организованности ……. 209
5.2.4.2. Идентификация различий в поведении участников дорожного движения на улично-дорожной сети городов с высоким (Новосибирск) и низким (Тюмень) уровнями организованности систем ОБДД 211
5.2.4.3. Специфика локализации мест и вероятности совершения ДТП на улично-дорожной сети городов с высоким (Новосибирск) и низким (Тюмень) уровнями организованности систем ОБДД ……. 213
5.2.4.4. Специфика подвижного состава населения городов с высоким (Новосибирск) и низким (Тюмень) уровнями организованности систем ОБДД ……. 220
5.3. Обсуждение результатов идентификации специфики информационной энтропии систем ОБДД в городах Российской Федерации …….. 221
5.4. Философские и смысловые аспекты информационно-энтропийного анализа дорожно-транспортной аварийности …… 226
5.5. Согласование полученных результатов с другими исследованиями. Перспективы дальнейших исследований …… 233
5.6. Пример возможного варианта решения проблемы высокой вероятности участия в ДТП: технология совершенствования структуры светофорного цикла на перекрестках УДС с малоинтенсивным движением ……. 237
5.6.1. Исторический обзор смены парадигм автоматизированного управления дорожным движением …….. 237
5.6.2. Пример совершенствования организации дорожного движения на перекрестке УДС с использованием приемов оптимизации светофорного цикла ……... 238

5.6.3. Результаты нейросетевой оптимизации длительности светофорного цикла и распределения его по фазам …… 244
5.6.4. Благотворное влияние адаптивной подстройки фазовых коэффициентов светофорного цикла под транспортный спрос с позиции ОБДД ……. 246
5.6.5. Перспективы инновационного развития светофорной системы в Тюмени и последующей динамики показателей БДД …… 247
ГЛАВА 6. МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗОВАННОСТЬЮ, КАК ОСНОВА ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ……. 249
6.1. Теоретические основы методологии управления БДД (на примере системы ОБДД Российской Федерации) ……. 249
6.2. Возможные стратегии управления БДД и их смысловая нагрузка ….. 256
6.3. Идентификация степени ресурсообеспеченности систем ОБДД и идентификация тренда ее изменения …….. 268
6.4. Общая критика ныне исповедуемых подходов к обеспечению БДД в РФ …… 270
6.5. Необходимость учета системной энтропии в рамках общероссийской Стратегии ОБДД. Уточнение специфики процессов повышения БДД в регионах и городах Российской Федерации …….. 272
6.6. Общая схема управления региональной (городской) безопасностью дорожного движения с учетом уровня ее энтропийной организованности. Алгоритм выбора инструментария повышения уровня организованности региональных систем ОБДД ……..... 279
6.7. Общие подходы к практической реализации результатов исследований …… 281
6.8. Методика оценки системной организованности процессов ОБДД ….. 283
6.9. Программная реализация Методик оценки энтропийной организованности системных процессов ОБДД ……... 292
6.9.1. Прикладной Web-сервис по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов ОБДД …….. 292
6.9.2. Прикладной Web-сервис по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД и энтропийной организованности системных процессов ОБДД субъектов Российской Федерации (2004…2023) ……... 297
6.10. Рекомендации по совершенствованию принципов организации городских систем управления БДД с учетом уровня их организованности …….. 303
6.11. Администрирование процессов управления БДД в в РФ в целом и организованностью систем ОБДД в частности …….. 307
6.11.1. Анализ текущей системы администрирования управления БДД в РФ …….. 307
6.11.2. Логические основания определения структуры и объемов финансирования НП «Безопасность дорожного движения» … 311

6.12. Адресаты – предполагаемые пользователи результатов диссертационного исследования ……. 315
6.13. Экономическая эффективность …… 316
6.13.1. Принципиальные подходы к определению экономической эффективности практической реализации мер по повышению БДД ……... 316
6.13.2. Расчет экономической эффективности практической реализации мер по повышению организованности систем ОБДД …… 321
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ……. 326
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ …… 330
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ……... 334
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ……... 335
СПИСОК СТАТЕЙ СОИСКАТЕЛЯ А.И. ПЕТРОВА В ВЕДУЩИХ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ВАК / WEB OF SCIENCE / SCOPUS …… 378
СПИСОК МОНОГРАФИЙ СОИСКАТЕЛЯ А.И. ПЕТРОВА ……... 387
ПРИЛОЖЕНИЯ ……. 388

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Диалектически результатом функционирования любой системы являются как положительные, так и негативные эффекты. Для транспортных систем ярким примером таких негативных функциональных проявлений является дорожно-транспортная аварийность. Мировая статистика свидетельствует, что ежегодно на автодорогах погибает около 1,2…1,3 млн. чел. и еще 45…50 млн. чел. получают травмы различной степени тяжести. Известно, что в разных странах величина экономического ущерба от дорожно-транспортной аварийности может достигать 0,8…3,5 % валового внутреннего продукта.

Процессы функционирования транспортных систем характеризуются хаотичностью, избежать негативное влияние которой практически невозможно. В противодействие этому человечество постоянно изобретает и внедряет многочисленные правовые и технологические ноу-хау, целью которых является снижение негативного влияния хаоса на процессы функционирования транспортных систем. К их числу относятся как общие правила организации движения, так и символьные системы (дорожные знаки, дорожная разметка и правила их применения). Результаты этой деятельности весьма положительны, но не абсолютны. Пожалуй, можно констатировать, что специалисты по безопасности дорожного движения (БДД) не в полной мере справляются с поставленной задачей минимизации дорожно-транспортной аварийности и достижения «нулевой смертности». Это замечание справедливо и для Российской Федерации (РФ). Можно констатировать, что одной из самых важных управленческих задач в сфере автомобильного транспорта нашей страны является необходимость планомерного повышения БДД.

Для РФ особенно важным это видится в свете общей негативной демографической тенденции. Согласно отчету Росстата, по итогам 2022 г. естественная убыль населения достигла 599,6 тыс. чел.; по итогам 2023 г. составила 495,0 тыс. чел.; по итогам 2024 г. составила 596,2 тыс. чел. Эта статистика намного

превышает данные пятилетней давности (2017…2018…2019 гг.), когда аналогичная убыль населения составила, соответственно, 134,4; 224,6 и 316,2 тыс. чел.

Ежегодный социально-экономический ущерб от дорожно-транспортной аварийности в России в последние годы (2010…2025 гг.) варьировался в диапазоне 850…1800 млрд. руб./год, что составляло в разные годы 1,2…2,8 % валового внутреннего продукта (ВВП) страны (ущерб непосредственно от гибели и ранения людей и потеря человеческого капитала составляла от 0,8 до 2,4 % ВВП).

Ежегодный социально-экономический ущерб от дорожно-транспортной аварийности в России в 2019…2025 гг. достигал 0,7…0,8 % валового внутреннего продукта страны, т.е. был равен 1,6…1,8 трлн. руб./год.

В январе 2017 г. ООН приняла общесистемную стратегию ОБДД в мире, целевым показателем которой было определено двукратное сокращение к 2020 г. совокупного числа погибших и пострадавших в результате ДТП. Российская Федерация, как полноправный член мирового сообщества, также является участником общемирового движения по стремлению к повышению БДД. Свидетельством этого является разработка и практическая реализация Федеральных Целевых Программ по БДД, Стратегии БДД в РФ на 2018-2024 гг., Стратегии повышения БДД в РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г., а также Транспортной Стратегии РФ до 2030 г. Яркий пример этого тезиса – двукратное снижение дорожно-транспортной смертности (с уровня $N_{погибших\ 2012}$ = 27991 чел. до уровня $N_{погибших\ 2025}$ = 13943 чел.) в течение последних 12 лет.

Однако при более детальном анализе, в том числе и материалов ФКУ «Научный Центр БДД МВД России» можно заметить, что положительный общероссийский тренд последних лет характерен далеко не для всех регионов страны. В ряде субъектов РФ дорожно-транспортная аварийность растет. Этот факт заставляет задуматься о причинах различия итоговых региональных результатов в сфере ОБДД в условиях единообразия повсеместного действия общероссийского законодательства и использования соответствующими службами типовых подходов и методик по обеспечению БДД.

Степень разработанности темы исследования. Проблема обеспечения БДД возникла практически одновременно с появлением автомобиля. Проблематике технических, технологических, дорожно-транспортных, социально-экономических аспектов обеспечения БДД посвящены труды таких отечественных ученых как Л.Л. Афанасьев, В.Ф. Бабков, В.Н. Басков, М.Г. Бояршинов, М.Я. Блинкин, А.А. Быков, Я.В. Васильев, Д.П. Великанов, Ю.А. Врубель, В.Н. Добромиров, Э.Р. Домке, С.В. Дорохин, С.А. Евтюков, С.С. Евтюков, С.В. Жанказиев, В.В. Зырянов, В.Н. Иванов, В.А. Иларионов, Д.В. Капский, Г.И. Т.С. Карабчук, Д. М. Колесникова, Г.И. Клинковштейн, В.Э. Клявин, Ю.А. Комаров, В.Д. Кондратьев, В.И. Колесов, В.И. Коноплянко, В.А. Корчагин, Е.В. Куракина, В.М. Курганов, Л.Е. Кущенко, П.А. Кравченко, Е.М. Лобанов, В.В. Лукьянов, А.В. Марусин, А.Ю. Михайлов, А.Н. Новиков, И.А. Новиков, Е.М. Олещенко, П.А. Пегин, А.М. Плотников, И.Н. Пугачев, В.И. Рассоха, А.Н. Романов, Ю.Н. Ризаева, Ю.А. Рябоконь, А.И. Рябчинский, Д.С. Самойлов, В.В. Сильянов, А.В. Терентьев, Ю.В. Трофименко, В.А. Федоров, А.Б. Чубуков, Е.А. Чудаков, Шевцова А.Г., А.В. Шемякин, Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина. Многие другие отечественные специалисты также внесли определенный вклад в развитие науки о БДД.

Вопросам управления системой обеспечения дорожно-транспортной безопасности в России и сопряженными с БДД аспектами функционирования транспортных систем, посвящено большое число работ, из которых необходимо выделить работы сотрудников Института БДД СПбГАСУ, в частности П.А. Кравченко и представителей его научной школы.

Последнее время отечественные ученые заинтересовались вопросом оценки ущерба, наносимого дорожно-транспортной аварийностью экономике страны. В этой связи надо отметить работы таких авторов как А.А. Быков, А.Н. Зубец, Р.И. Капелюшников, Т.С. Карабчук, Д.М. Колесникова, И.А. Кручинина, М.Г. Полозков, Б.Б. Прохоров и др.

Философско-методические аспекты управления процессами обеспечения БДД в своих работах разрабатывал В.И. Колесов.

Отдельно надо отметить наработки в области анализа истории развития идеологии обеспечения БДД М.Я. Блинкина.

Число зарубежных авторов, которые активно занимались вопросами изучения проблематики обеспечения БДД еще с 1940-х гг. и занимаются ныне, оценивается тысячами. К числу наиболее известных в нашей стране зарубежных авторов, работавших по тематике БДД, можно отнести J.G.U. Adams, L.J. Blincoe, P. Corso, G. Cummins, D.R. Drew, D. Gazis, W.Jr. Haddon, F.A. Haight, R. Herman, T. Hamada, H. Inose, W.H. Janssen, D. Jones, A. Krupnick, E.A. Mueller, G. Polya, I. Prigogine, W. Viscusi, G.J.S. Wilde и многих других.

К числу весьма важных достижений ученых ближнего зарубежья можно отнести работы белорусских авторов Ю.А. Врубеля и Д.В. Капского и представителей их научной школы.

Анализ результатов работ вышеперечисленных авторов позволил сделать множество выводов, важнейшими из которых являются выводы:

- о крайней сложности автотранспортной системы (АТС) и системы ОБДД, как ее подсистемы;

- о чрезвычайном многообразии факторного пространства, влияющего на характеристики функционирования АТС, в том числе и на БДД;

- о наличии, в качестве результатов ранее выполненных исследований, достаточно большого числа качественных частных моделей, описывающих функционирование отдельных подсистем большой системы ОБДД и, в то же время, об отсутствии научно-методического аппарата по общесистемной оценке и управлению организованностью системных процессов ОБДД в относительно большеразмерных системах (город, регион, страна).

Таким образом, можно констатировать, что существует необходимость в создании нового научного концептуального знания (методологии, как системы методик, объединенных использованием новых, в частности информационно-энтропийных подходов) для решения задач по совершенствованию организованности системных процессов ОБДД.

Цель диссертационной работы – разработка научно-методологических основ повышения эффективности управления безопасностью дорожного движения (БДД) посредством совершенствования системных подходов к структурному анализу процессов формирования дорожно-транспортной аварийности.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть существующие возможности моделирования системной организованности применительно к сфере обеспечения БДД.

2. Разработать Методику оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) системных процессов обеспечения БДД.

3. Провести теоретические исследования специфики энтропийного поведения систем обеспечения БДД.

4. Провести экспериментальные исследования информационно-энтропийной специфики процессов изменения во времени и пространстве организованности региональных и городских систем обеспечения БДД и осмыслить полученные результаты.

5. Выявить противоречивость достоинств и недостатков систем обеспечения БДД с различным уровнем организованности.

6. Разработать методологический инструментарий выбора приоритетных направлений совершенствования БДД для автотранспортных систем с различными уровнями системной организованности.

7. Внедрить научно-практические разработки и оценить социально-экономический эффект их практического использования.

Объект исследования – информационно-энтропийная организованность процессов формирования дорожно-транспортной аварийности.

Предмет исследования – структурная специфика дорожно-транспортной аварийности, характерная для региональных и городских систем обеспечения БДД, определяющая, в конечном итоге, их организованность.

Рабочая гипотеза заключается в том, что повышение БДД в российских регионах и городах возможно путем выявления специфики процессов формирования дорожно-транспортной аварийности, оценки системной

организованности процессов формирования дорожно-транспортной аварийности и обоснованного, с учетом «весового» вклада различных звеньев исследуемой причинно-следственной цепочки в итоговый результат, изменения акцентов в работе по управлению БДД.

Научная новизна:

1. При поиске путей повышения БДД в РФ автором впервые предложено количественно оценивать качество профессиональной деятельности в сфере управления дорожно-транспортной безопасностью.

2. Впервые предложены научно-обоснованные подходы к выявлению специфических особенностей, «сильных» и «слабых» аспектов деятельности по обеспечению БДД.

3. Впервые введено понятие «организованность» в качестве значимого системного свойства для сферы обеспечения БДД и обоснована понятийная связь между энтропией, как мерой неопределенности состояния систем обеспечения БДД, структурой процессов формирования дорожной аварийности и качеством управления БДД.

4. Разработаны общая и частные информационно-энтропийные методики оценки степени организованности региональных и городских систем обеспечения БДД.

5. В ходе теоретического и экспериментального исследования организованности процессов обеспечения БДД в регионах и городах России установлена значительная дифференциация организованности региональных и городских систем обеспечения БДД в РФ, выявлены причины этого.

6. Выявлена диалектическая противоречивость достоинств и недостатков систем обеспечения БДД с различным уровнем организованности.

7. Разработаны новые методики практического использования (управления системной организованностью), основанные на учете результатов исследования закономерностей формирования энтропийной организованности систем обеспечения БДД.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании необходимости и последующей разработке концептуальной идеологии управления информационно-энтропийной организованностью процессов обеспечения БДД как основы для дифференциации выбора научно-практического инструментария государственной политики в сфере защиты жизни и здоровья населения страны. Научная значимость данной диссертационной работы заключается в разработке методологии оценки организованности процессов обеспечения БДД, основанной на использовании двух базовых методов. Первый из них - кибернетический метод получения, хранения, преобразования и передачи информации в сложных управляющих системах. Второй - энтропийный метод оценки степени организованности (упорядоченности) процесса управления автотранспортными системами.

Практическая значимость работы заключается в прикладном характере результатов исследований, возможности применения результатов исследования в деятельности ФКУ «Научный центр БДД МВД России», региональных Управлений Госавтоинспекции МВД России, структур, профессионально занимающихся обеспечением БДД на уровне субъектов РФ и муниципалитетов. Практическая ценность методологии оценки организованности процессов обеспечения БДД позволяет решать ряд практических задач, а именно:

- количественно оценивать системную организованность процессов обеспечения БДД;
- классифицировать системы обеспечения БДД различного масштаба по признаку организованности;
- использовать модели закономерностей изменения организованности процессов обеспечения БДД для решения частных задач снижения дорожно-транспортной аварийности.

Методология исследования основана на применении общенаучных методов исследования: общефилософского, системологии, системного анализа, теории информации, основ кибернетики, теории управления, теории вероятностии математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

1. Кибернетический подход к оценке качества управления в сфере обеспечения БДД и представление процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в виде причинно-следственной цепочки.

2. Информационно-энтропийный метод оценки степени организованности процессов обеспечения БДД.

3. Результаты теоретического моделирования специфики энтропийного поведения систем обеспечения БДД.

4. Методология совершенствования организованности процессов обеспечения БДД.

5. Концептуальная модель гармоничности организованности процессов обеспечения БДД.

6. Результаты экспериментальных исследований российских региональных и городских систем обеспечения БДД на предмет информационно-энтропийной специфики.

7. Прикладные методики совершенствования организованности процессов обеспечения БДД.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования обеспечивается использованием общеизвестных научных методов поиска научных закономерностей, верификацией их посредством сбора и обработки официальных статистических данных и отсутствием противоречий с ранее опубликованными исследованиями в области энтропийного анализа.

Апробация результатов. *Результаты исследований многократно представлены, обсуждены и одобрены* на следующих научно-практических конференциях:

- в Тюмени (2011…2026 гг. – международные – «Проблемы функционирования транспортных систем»; «Транспортно-технологические системы»; «Организация и безопасность дорожного движения»; «Логистический аудит транспорта и цепей поставок»; I-IX Тюменский областной Форум по БДД

(2012…2020); V-VI Тюменский международный социологический форум (2017, 2020);

- в Санкт-Петербурге (2016, 2018, 2020, 2022, 2024, 2026 гг. – международные – «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах»; 2017, 2019 гг. – «Конференция Ассоциации транспортных инженеров»; 2022, 2023 гг. – «Архитектура – Строительство – Транспорт – Экономика»; 2022, 2023 гг. – «Транспортная доступность Арктики: сети и системы»);
- в Оренбурге (2015, 2017, 2019, 2021-2026 гг. – международная – «Прогрессивные технологии в транспортных системах»);
- в Орле (2017-2023, 2025-2026 гг. – международная – «Информационные технологии и инновации на транспорте»);
- в Москве (2018 г. – международная – «Конференция по устойчивому развитию городов»; 2024-2026 г. – международная – «Цифровые технологии транспорта и логистики»);
- в Омске (2022-2025 гг. – международная – «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации»);
- в Перми (2021-2026 гг. – ежегодные международные – «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе»; «Химия. Экология. Урбанистика»).
- в Екатеринбурге (международные: 2016 г. – «Инновационный транспорт-2016»; 2017 г. – «Конференция по устойчивому развитию городов», 2018-2023 гг. – «Железнодорожный транспорт и технологии» (RTT), 2020-2023 гг. –«Транспорт: Логистика, строительство, эксплуатация, управление»);
- в Томске (2016, 2017, 2018, 2019 гг. – международная – «Инновационные технологии в машиностроении и транспорте» и всероссийская «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения»);
- в Липецке (2022-2023 гг. – международная – «Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте).

Реализация результатов исследований. Научная значимость результатов диссертационного исследования подтверждается актами приемки

Государственного задания «Новые закономерности и решения для функционирования городских транспортных систем в парадигме «Переход от владения личным автомобилем к мобильности как услуге» (№ проекта FEWN-2020-0014). Значимую часть Госзадания составили разделы, основой которых были материалы данного диссертационного исследования (автор диссертации – Ответственный исполнитель Госзадания).

Результаты проведенных научных исследований были внедрены в деятельность ФКУ «Научный центр БДД МВД России», УГАИ УМВД России по Тюменской области, Северо-Уральского межрегионального управления государственного автодорожного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, Департамента дорожной инфраструктуры и транспорта Администрации г. Тюмени, МКУ «Тюменьгортранс», АО «Тюменское ПАТП № 1», а также использовались в учебном процессе 8 вузов России, специализированной Школы безопасного вождения «Ермак» (г. Тюмень), Нефтегазового образовательного центра (г. Тюмень).

Информационная база исследования – официальная статистика Госавтоинспекции МВД РФ о дорожно-транспортной аварийности в России.

Личный вклад автора. Все основные идеи, положенные в основу концепции информационно-энтропийного анализа структуры процессов формирования дорожно-транспортной аварийности и методологии управления организованностью процессов обеспечения БДД принадлежат автору. Автор лично сформулировал цель и задачи исследования, провел теоретические и экспериментальные исследования, разработал соответствующие концептуальные положения и методы их реализации в форме научно-практических методик, отражающих предложенную методологию совершенствования организованности процессов обеспечения БДД.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта, в части пунктов 6. *Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса,* <…>; 9. *Исследования в области безопасности*

движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей, качеств водителей; <…>, разработка мероприятий по снижению аварийности.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 189 публикациях общим объемом 216,0 п. л. (авторских – 152 п. л.), в том числе в 43 статьях в периодических изданиях ВАК РФ; в 1 статье в издании, индексируемом в базе данных RSCI; в 42 статьях в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science. В результате проведения исследований опубликовано 3 монографии, получено 2 свидетельства государственной регистрации программ для ЭВМ и базы данных (в форме Web-сервисов).

Структура и объем диссертационной работы. Структурно диссертация состоит из введения, шести глав основного текста, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов и списка использованных источников (556 наименований). Объем диссертации составляет 463 страницы (в том числе 108 таблиц, 131 иллюстрация и 10 приложений).

Благодарность. Автор благодарен всесторонней помощи в работе над диссертацией научному руководителю Заслуженному работнику высшей школы РФ, д.т.н., профессору С.А. Евтюкову (СПбГАСУ, Санкт-Петербург) и многолетнему коллеге Заслуженному работнику высшей школы РФ, к.т.н., доценту В.И. Колесову (ТИУ, Тюмень).

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС, АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ФАКТОЛОГИЯ

1.1. Понятие безопасности дорожного движения (БДД) в автотранспортном комплексе. Показатели БДД

Согласно Федеральному закону РФ № 196-ФЗ от 10.12.1995 г. (ред. от 30.10.2018 г.) «О безопасности дорожного движения» понятие безопасности дорожного движения трактуется следующим образом: «БДД – состояние данного процесса, отражающее степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий» [1]. С процессных позиций «обеспечение безопасности дорожного движения – деятельность, направленная на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижение тяжести их последствий» [1].

Рассматривая природу целей дорожного движения и ее связи с БДД В.Н. Бурков и его соавторы [2] отмечают: «Если речь идет о дорожном движении как о явлении социально - экономической действительности, то, вначале следует говорить о потребностях в перевозке, а затем уже об общественных отношениях, которые при этом возникают» (рисунок 1.1).

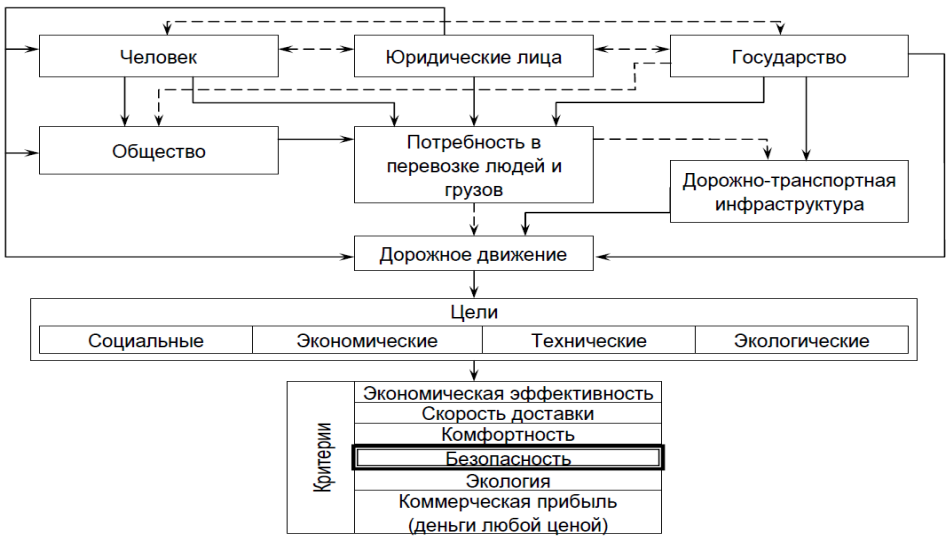


Рисунок 1.1 – Природа дорожного движения и его целей [2]

БДД, в понимании В.Н. Буркова и его соавторов [2] – один из критериев, наряду с экономической эффективностью, скоростью доставки, комфортностью и т.п., на основании которых можно судить об успешности (эффективности, качестве) функционирования автотранспортной системы (АТС).

В процессе функционирования АТС или в процессе системного взаимодействия во времени и пространстве всех ее элементов между ними возникают разнообразнейшие конфликтные ситуации, что на уровне взаимодействия отдельных участников дорожного движения очень часто проявляется в форме аварийно-опасных ситуаций, часть из которых реализуется на уровне дорожно-транспортных инцидентов (ДТИ). Те *ДТИ, в ходе которых повреждаются транспортные средства, грузы, сооружения, причиняется материальный ущерб, а также (что является определяющим признаком) погибают или травмируются люди, являются дорожно-транспортными происшествиями (ДТП).*

С учетом вышесказанного, *безопасность дорожного движения (БДД) – качественная характеристика функционирования АТС, отражающая степень защищенности жизни и здоровья участников дорожного движения (одна из подсистем АТС) в пространстве и времени.*

Важнейшими показателями БДД, как отмечается в статье 9 № 196-ФЗ от 10.12.1995 г. [1], являются «*количество ДТП и число пострадавших в них людей, транспортных средств (ТС), нарушителей правил дорожного движения (ПДД), административных правонарушений и уголовных преступлений в области дорожного движения*, *а также другие показатели, отражающие состояние безопасности дорожного движения и результаты деятельности по ее обеспечению*». Ясно, что для успешного решения задачи федерального надзора, а если смотреть шире – обеспечения государственной политики в сфере БДД – указанные характеристики в целях объективного анализа должны быть более подробными и удельными. А это значит, что возможно формирование *целого ряда соответствующих удельных показателей БДД*, основанных на совместном учете показателей автотранспортной аварийности и показателей, характеризующих

степень развития соответствующих подсистем АТС [3]. Это могут быть такие показатели, как Социальный риск *HR*, Транспортный риск *TR*, Масштабность ДТП $Масшт._{ДТП}$, Тяжесть ДТП $Тяж._{ДТП}$ и многие другие.

Показатели БДД формируются как следствие процесса автомобилизации (работает принцип «нет автомобиля – нет аварийности»).

1.2. Автомобиль, водитель, дорога, среда и анализ подходов к обеспечению БДД

1.2.1. Краткие сведения об истории развития проблематики обеспечения безопасности дорожного движения (ОБДД)

Исторический анализ российских информационных источников, хотя бы косвенно относящихся к регламентированию транспортных процессов, позволяет считать первым таким документом Именной Указ с Боярским приговором от 20.10.1676 г. [4-5] о регламенте въезда в Московский Кремль ездоков с седоками и с порожними санями с целью ограничения их числа. Царский указ от 28.12.1681 г. определял правила использования царедворцами карет и саней [6-7]: зимой - использование повозок с одной лошадью, а летом – езда верхом. Аналогичные по сути ограничения [8-9] были введены указом Петра I Романова в отношении чиновного люда г. Санкт-Петербург в 1720 г.

В 18…19 веке в России бурно растет количество наездников и экипажей, что достаточно негативно влияло на возможность бесконфликтного движения по достаточно ограниченному числу путей сообщения. Е.А. Войтенков в [10] указывает: «Несмотря на издаваемые указы и устанавливаемые наказания за их нарушение (от денежных штрафов и телесных наказаний до смертной казни), принимаемые меры, направленные на обеспечение безопасности положительных результатов практически не давали. При этом одним из наиболее распространенных нарушений было превышение скорости движения». При этом вводилось предписание «ездить смирно» [11-12]. До конца XVIII века вышеозначенные директивы были бессистемными и практически не имели

действенного значения. Дисциплина всадников и владельцев экипажей была на крайне низком уровне, нарушители зачастую скрывались не только от наказания, но и от порицания – этому способствовало отсутствие системы учета участников непешеходного движения. Начиная с 1794 г. извозчикам стали выдавать специальные жетоны, идентифицирующие извозчиков и специфику их деятельности [5].

Принятие Уложения о наказаниях уголовных и исправительных 1845 г. [13] было призвано определять санкции за нарушения общественного порядка и содержало ряд статей за нарушения в сфере БДД. Это могли быть обязанность возместить причиненный ущерб, битье розгами, штраф или арест.

Бурное развитие во второй половине XIX века транспортных технологий потребовало принятия правовых актов, устанавливающих всевозможные правила – эксплуатации самодвижущихся средств, организации их движения и т.д. Начиная с 11.09.1896 г. в России начинает действовать нормативный циркуляр, инициированный министром путей сообщения князем М.И. Хилковым «О порядке и условиях перевозки тяжестей и пассажиров по шоссе ведомства путей сообщения в самодвижущихся экипажах» [14]. Эту дату можно считать датой рождения российского автомобильного транспорта. За прошедшие с тех пор 122 года автотранспортный комплекс превратился в неотъемлемый атрибут современной жизни и привнес в нашу жизнь как блага, так и беды, серьезнейшей из которых является дорожно-транспортная аварийность. Ниже, в таблице 1.1 сведены данные об основных вехах развития отечественной системы ОБДД в 1910…2025 гг.

Несмотря на то, что данные таблицы 1.1 представлены очень убористо, ее анализ позволяет представить себе общую тенденцию изменения общегосударственных подходов к организации функционирования автотранспортного комплекса страны с позиции безопасности.

Важнейшей исторической вехой было создание 3.07.1936 г. Государственной автомобильной инспекции НКВД СССР (ГАИ), на которую были, по сути, возложены все вопросы, связанные с оптимизацией функционирования автотранспортного комплекса.

Таблица 1.1 – Основные вехи развития отечественной системы обеспечения безопасности дорожного движения в XX…XXI веках [10, 14]

Год, дата	Событие
1910	Принятие основных правил дорожного движения как важнейшее условие ратификацир Российской империей Международной конвенции относительно движения автомобилей.
10.06.1920	Принятие Декрета Совета народных комиссаров РСФСР «Правила автодвижения по городу Москве и ее окрестностям».
1926…1927	В Москве и Ленинграде начинаются инициативные работы по установке будок регулировщиков дорожного движения.
1931	Организованы первые в СССР Органы управления дорожным движением (ОРУД) в Москве и Ленинграде.
3.07.1936	Организовано ГАИ НКВД СССР. Определены основные задачи ГАИ: наблюдение за подготовкой шоферов; учет автопарка; деятельность по предотвращению ДТП.
1940	Разработаны и введены в действие первые Типовые правила движения по улицам городов и дорогам СССР.
1955	Создано МВД РСФСР, а в его структуре – ГАИ. Значительно увеличена ресурсная база и объем полномочий ведомства.
1957	Разработаны и введены в действие новые Правила дорожного движения (ПДД).
1965	Ликвидация ОРУД и передача всех его полномочий в ГАИ.
1967	Принятие Советом Министров СССР постановления «О повышении безопасности движения в городах, других населенных пунктах и на автомобильных дорогах», что способствовало переносу акцентов в управлении автотранспортными системами в сторону ОБДД.
1968	Ратификация СССР решений конференции ООН по дорожному движению (Вена, 8.11.1968)
23.10.1993	Принятие Правительством РФ современной версии ПДД (Постановление от 23 октября 1993 г. № 1090 «О правилах дорожного движения»).
20.02.2006	Принятие Правительством РФ Первой Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006 – 2012 годах».
3.10.2013	Принятие Правительством РФ Второй Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 – 2020 годах».
8.01.2018	Принятие Правительством РФ Распоряжения № 1-р «Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 – 2024 годы».
2018…2025	Обсуждение в профессиональном и общественном сообществе широкого круга вопросов, прямо или косвенно связанных с будущим системы ОБДД, в частности – о возможной ликвидации ГИБДД (с мая 2024 г. - ГАИ), о возможном запрете эксплуатации «возрастных» автомобилей, о роли в обеспечении БДД средств индивидуальной мобильности (СИМ) и т.д.
14.11.2025	Утверждение Указа Президента РФ № 841 «Стратегия повышения БДД в РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.».

Последние годы функционал Госавтоинспекции (ГАИ) МВД РФ все больше и больше сужается. Связано это, в первую очередь, с переносом акцентов на развитие автоматизированных систем слежения и управления транспортными потоками, в целом – с переходом к формированию так называемых интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [15]. Так, с 1.01.2018 г. численный

состав Госавтоинспекции МВД РФ был сокращен на 10 тыс. чел. 1.01.2020 г. процесс сокращения кадрового состава Госавтоинспекции МВД РФ был продолжен (на 2 тыс. чел.). По некоторым данным этот же процесс будет продолжен и в последующие годы. Статистика аварийности в 2015…2025 гг. показывает весьма значительно снижение; очевидно, это является основанием для признания решения о сокращении штатов Госавтоинспекции положительным.

К сожалению, практика показывает, что внедрение фото- и видеофиксации правонарушений в сфере БДД, признанное как инновационное решение задач ОБДД, не решает всех задач по обеспечению БДД на дорогах страны. Особенно это касается выявления и удаления из участников дорожного движения тех лиц, что находятся в неадекватном психофизиологическом состоянии. К сожалению, практика показывает, что число таких лиц, их доля в составе водителей и пешеходов достаточно стабильна и составляет не менее 5…10 % [16].

1.2.2. Краткий хронологический анализ вклада отечественных ученых в автомобильную теорию и сопряженные с ней основы ОБДД (общие вопросы)

Наверное, первым авторитетным ученым-основоположником транспортной науки в нашей стране был академик АН СССР Е.А. Чудаков. Он, будучи основателем нового научного направления в нашей стране – «машиноведения» – много внимания уделял и вопросам безопасности автомобиля. Так, в числе его многочисленных работ есть такие, как [17-18], которые можно считать первыми трудами в стране по БДД. Данные работы можно рассматривать как первые в ряду других, посвященных вопросам обеспечения безопасности транспортных процессов.

Серьезный вклад в теорию и практику общих вопросов обеспечения безопасности транспортных средств и дорожного движения внесли такие отечественные ученые как Л.Л. Афанасьев [19], В.Ф. Бабков [20], В.Н. Бурков [2], Я.В. Васильев [23-24, 468], Д.П. Великанов [21], Э.Р. Домке [22], С.В. Дорохин [463-464], С.А. Евтюков [23-24], С.С. Евтюков [25], С.В. Жанказиев [15, 26-27] В.В.

Зырянов [28-29], В.Н. Иванов [30], В.А. Иларионов [31], И.Е. Ильина [465], Г.И. Клинковштейн [32], В.Э. Клявин [33], В.И. Колесов [3, 34-38], Ю.А. Комаров [39], В.Д. Кондратьев [40-42], В.И. Коноплянко [43-44], В.А. Корчагин [45-51], П.А. Кравченко [52-59], Е.В. Куракина [60], Е.М. Лобанов [61], В.В. Лукьянов [62], И.А. Новиков [63], Е.М. Олещенко [54-59, 64], П.А. Пегин [65-67], А.М. Плотников [57-58, 68], И.Н. Пугачев [69], А.Н. Романов [70-71], А.И. Рябчинский [72], Д.С. Самойлов [73], В.В. Сильянов [74], П.В. Смолин [466], В.А. Федоров [75-76], А.Г. Шевцова [77], Н.Г. Шешера [467] и многие другие специалисты.

Ряд высококвалифицированных работ по теории формирования дорожно-транспортных происшествий и экспертизе их механизма и обстоятельств, принадлежат перу Я.В. Васильева [23-24, 468], Э.Р. Домке [22], С.В. Дорохина [463-464], С.А. Евтюкова [23-24], С.С. Евтюкова [25], В.И. Жулева [78-81], В.А. Иларионова [31], Ю.А. Комарова [39], И.А. Новикова [63], Ю.Б. Суворова [82], В.А. Федорова [75-76].

Акцент на вопросах необходимости профессионального качественного управления системой ОБДД в России сделан в работах [15, 26-27, 34-38, 40-42, 45-51, 52-60, 75-76], из которых необходимо особо выделить работы сотрудников Института БДД СПбГАСУ, в частности [52-60, 75-76].

Философско-методические аспекты формирования дорожно-транспортной аварийности в своих работах разрабатывает В.И. Колесов [34-38].

Последнее время отечественные ученые заинтересовались вопросом оценки ущерба, наносимого дорожно-транспортной аварийностью экономике страны. В этой связи надо отметить работы таких авторов как А.А. Быков [83-85], А.Н. Зубец [86], Р.И. Капелюшников [87], Т.С. Карабчук [88-89], Д.М. Колесникова [90], И.А. Кручинина [91], М.Г. Полозков [92], Б.Б. Прохоров [93] и др.

Отдельно надо отметить наработки в области ОБДД такого интересного автора как М.Я. Блинкин [94]. Работая несколько в ином ключе, по сравнению с ранее перечисленными учеными, а именно рассматривая вопросы БДД с позиций институциональной организации, он привлек в теорию организации БДД многое, чего ранее в нашей отечественной науке было озвучено, но мало исследовано.

Именно он популяризовал работы всемирно известных зарубежных авторов Р. Смида (R. Smeed) [95-99] и Дж. Адамса (J. Adams) [100-103].

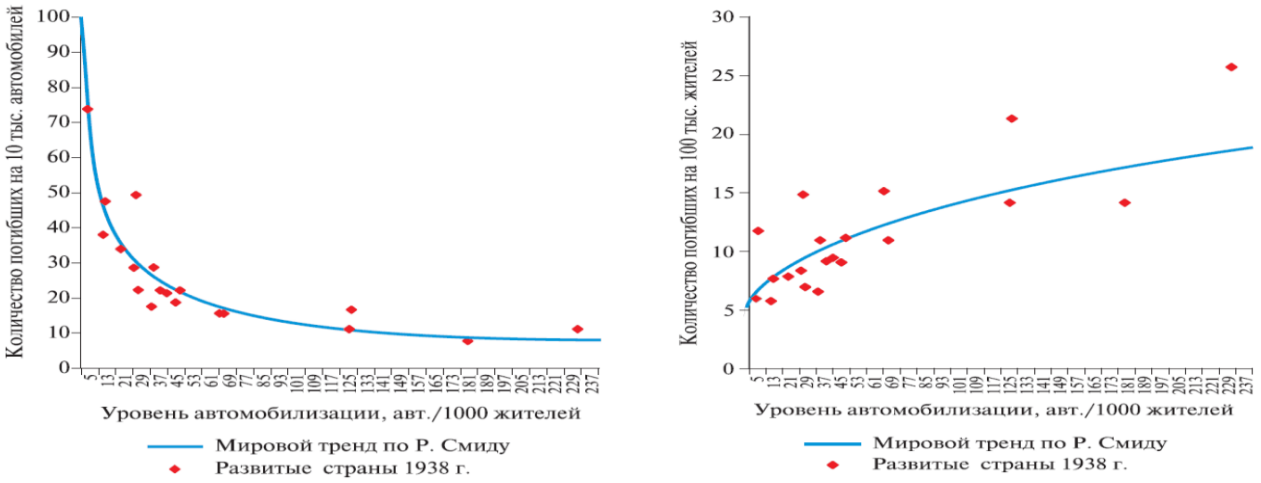
1.2.3. Краткий анализ результатов исследований зарубежных авторов в сфере повышения БДД (общие вопросы)

Уместно отметить, процессы автомобилизации гораздо интенсивнее развивались именно за рубежом (особенно в Соединенных Штатах Америки, чуть позже в Европе); именно поэтому хронологическое первенство и в автомобильной науке осталось за зарубежными авторами. Первые исследования в сфере БДД были проведены уже в начале 1920-х гг. [103]. Первоначально транспортная наука акцентировалась на вопросах совершенствования конструкции автомобиля и изучения взаимодействия автомобиля со средой (в частности с дорогой).

Однако уже в 1949 г. R. Smeed (Р. Смид) заинтересовался теми вопросами, которые ранее не входили в круг интересов исследователей. В работе [95] он впервые в мире исследовал статистическую связь между уровнем автомобилизации в разных странах и такими характеристиками дорожно-транспортной аварийности, как Социальный *HR* и Транспортный *TR* риски (рисунок 1.2). Позже к его исследованиям подключились сотни коллег по всему миру; установленные Р. Смидом закономерности были со временем уточнены в [34, 94].

Следом за Р. Смидом изучением вопросов, связанных с системами ОБДД как одним из общественных институтов общемирового развития, занялись сотни и тысячи ученых во всем мире. К числу наиболее известных из их числа относятся Дж. Адамс (J. Adams) [100-102], Г. Камминс (G. Cummins) [103], Д. Дрю (D.R. Drew) [104-105], Д. Газис (D. Gazis) [106-107], У. Хэддон (W. Jr. Haddon) [108-109], Ф. Хэйт (F.A. Haight) [110-111], Р. Герман (R. Herman) и И. Пригожин (I. Prigogine) [112-115], Х. Иносэ (H. Inose) [116-117], Д. Джонс (D. Jones) [118], Э. Мюллер (E.A. Mueller) [119], Г. Поля (G. Polya) [120], Дж. Уайлд (G.J.S. Wilde) [121-123].

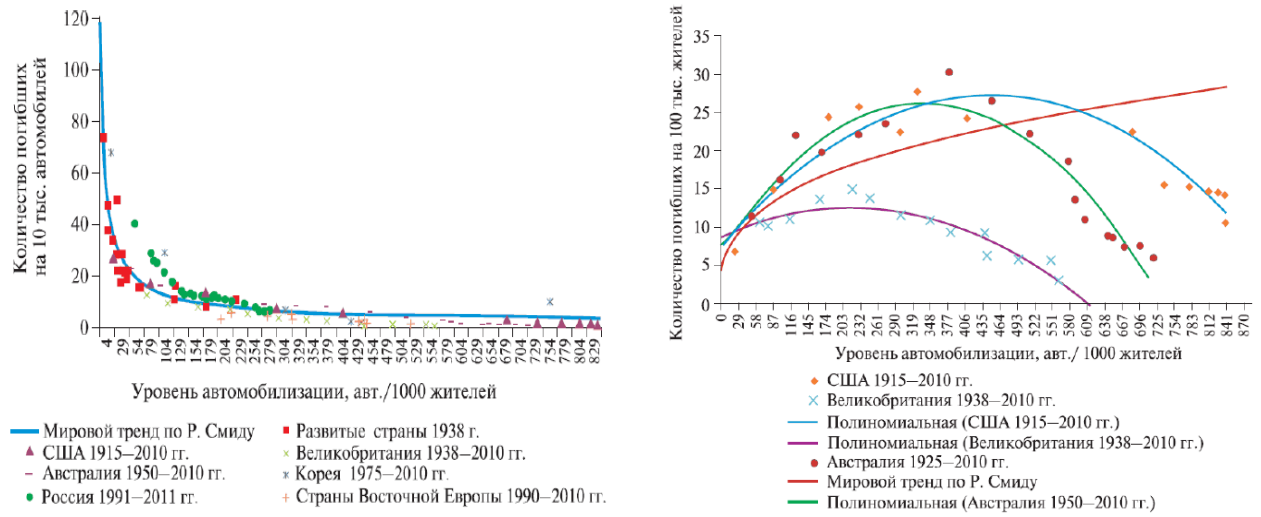
К сожалению, перечислить всех ученых мира, специализировавшихся в вопросах БДД, не представляется возможным.



А). *TR = f (Автомобилизация)* Б). *HR = f (Автомобилизация)*

Рисунок 1.2 – Графическое изображение классических кривых закона связи автомобилизации и дорожной аварийности Р. Смида [94]

К числу весьма важных достижений ученых ближнего зарубежья можно отнести работы белорусских авторов Ю.А. Врубеля [124], Д.В. Капского [125-132] и С.А. Аземши [133-135]. Пожалуй, справедливо будет указать, что в процессе развития автомобилизации во всем мире и параллельного развития теории ОБДД были скорректированы и классические законы Р. Смида (R. Smeed) (рисунок 1.3).



А). *TR = f (Автомобилизация)* Б). *HR = f (Автомобилизация)*

Рисунок 1.3 – Графическое изображение кривых закона Р. Смида, скорректированных со временем [94]

Анализируя суть выполненных в сфере БДД исследований легко можно заметить качественные изменения в направлениях научных изысканий – *смену парадигм.* На сегодняшний день насчитывается пять парадигм БДД, не считая так называемую «нулевую» (в доавтомобильный период развития общества) [94]. Разумеется, большинство результатов научных исследований в сфере БДД были реализованы в практической плоскости. Как следствие – значительное повышение уровня БДД в развитых странах мира.

Весьма серьезный крен сегодня в зарубежной науке о принципах и способах ОБДД сегодня сделан в сторону изучения вопросов, связанных с экономической оценкой последствий дорожно-транспортной аварийности [136-142]. С учетом изысканий таких авторов как Л. Блинко (L. J. Blincoe) [136], П. Корсо (P. Corso) [137], У. Йенсен (W.H. Janssen) [138], А. Крупник (A. Krupnick) [139], В. Вискузи (W. Viscusi) [140-141], А. Вагенаар (A.C. Wagenaar) [142] в странах Евросоюза и в США сегодня сложилось четкое понимание того ущерба, который наносит обществу и экономике ведущих стран мира дорожно-транспортная аварийность.

Сводные результаты реализации на практике наработок многолетних исследований зарубежных авторов по вопросам действенности мер повышения БДД представлены в работе Е.М. Олещенко и Е.А. Сватковой [64]. Проведенный ими анализ показывает, что при комплексном подходе, при серьезном инвестировании реализации необходимых для ОБДД мероприятий суммарный эффект может достигать более 75…90 %, т.е. теоретически возможно снижение дорожно-транспортной аварийности на порядок. Еще более существенные эффекты можно получить при полном устранении из процесса управления ТС человека [94]. В то же время достижение так называемой «нулевой смертности» вряд ли возможно, т.к. в любой, даже самой надежной системе всегда возможны отказы, что для систем ОБДД эквивалентно совершению ДТП со всеми свойственными ему негативными проявлениями.

Как бы то ни было, в некоторых странах мира (Норвегия, Швеция, Исландия) в 2023…2024 гг. зафиксирован уровень Социального риска $HR \approx 1{,}7…2{,}0$ погибших в ДТП/100 тыс. чел.

Фактический уровень Социального риска *HR* в России в 2025 г. составил $HR_{2025} \approx 9{,}54$ погибших в ДТП/100 тыс. чел. Стратегией БДД РФ [143] в 2018 г. была поставлена задача достичь целевого уровня $HR \approx 4$ погибших в ДТП/100 тыс. чел. На это первоначально (в 2018 г.) отводилось всего 6 лет (2024 г.). Позже (в 2021 г.) сроки достижения целевого показателя были сдвинуты на 2030 г. Еще позже, в рамках Стратегии повышения БДД в РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г. (Указ Президента РФ от 14.11.2025 № 841) и эти планы были скорректированы и новым ориентиром является снижение смертности в ДТП в 1,5 раза относительно уровня 2023 г. (т.е. примерно до 9800 чел./год).

В странах-мировых лидерах в сфере БДД задача достижения уровня $HR \approx 4$ погибших в ДТП/100 тыс. чел. была решена уже в 2006…2017 гг. (таблица 1.2), при этом на трехкратное снижение уровня Социального риска *HR* потребовалось от 20 до 40 лет [144], что значительно больше, чем время, отводимое на это России. Эти же данные дублированы в Аналитическом обзоре ФКУ «НЦ БДД МВД России» [150].

Таблица 1.2 – Продолжительность периода снижения Социального риска *HR* с уровня 12 до уровня 4 погибших в ДТП/100 тыс. чел. [144]

Страна	Продолжительность периода снижения *HR* с 12 до 4 погибших в ДТП/100 тыс. чел, лет	Год достижения уровня *HR* = 12 погибших в ДТП / 100 тыс. чел	Год достижения уровня *HR* = 4 погибших в ДТП / 100 тыс. чел	Уровень HR_{2019}, погибших в ДТП / 100 тыс. чел
Великобритания	35	1974	2009	2,8
Норвегия	28	1978	2006	2,6
Япония	39	1975	2014	3,7
Швеция	32	1977	2009	2,6
Израиль	33	1979	2012	3,3
Нидерланды	28	1981	2009	3,1
Германия	29	1987	2016	3,8
Швейцария	22	1989	2011	2,7
Дания	22	1989	2011	3,0
Финляндия	27	1990	2017	3,9
Ирландия	15	1997	2012	3,9
Испания	11	2002	2013	3,9
Эстония	14	2003	2017	3,6

1.3. Анализ результатов самых последних (2017…2026 гг.) диссертационных исследований в сфере БДД отечественных ученых

В течение 2017…2026 гг. российскими учеными были защищены следующие диссертационные исследования высокого статуса, посвященные тематике ОБДД (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Диссертационные (статус д.т.н./д.ю.н.) исследования по тематике БДД, защищенные в РФ в последние годы (научные специальности 05.22.10 (позже 2.9.5), 2.9.1, 12.00.11, 12.00.14)

№№	Специал. ВАК	Диссертационный Совет, город ДС	ФИО ученого, дата защиты	Тема диссертационного исследования, ссылка
1	2	3	4	5
1	05.22.10	Д 212.223.02 Санкт-Петербург	Плотников А.М. 27.04.2017	Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов [68]
2	05.22.10	Д 999.111.03 Липецк	Клявин В.Э. 1.11.2017	Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения [33]
3	05.22.10	Д 999.111.03 Орел	Новиков И.А. 20.03.2020	Методология прогнозирования и предупреждения дорожно-транспортных происшествий [63]
4	12.00.11 12.00.14	Д 203.002.08 Москва	Калюжный Ю.Н. 3.02.2022	Обеспечение безопасности дорожного движения в Российской Федерации: концептуальные организационно-правовые основы
5	05.22.10	Д 212.223.02 Санкт-Петербург	Евтюков С.С. 20.10.2022	Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз [25]
6	2.9.5	Д 99.2.032.03 Орел	Куракина Е.В. 19.10.2022	Методология обеспечения безопасности дорожного движения по критерию нулевой смертности в дорожно-транспортных происшествиях [60]
7	2.9.5	Д 99.2.033.03 Орел	Шевцова А.Г. 25.11.2022	Методология управления городскими транспортными потоками на основе обеспечения безопасности дорожного движения [77]
8	2.9.5	Д 999.111.03 Орел	Кущенко Л.Е. 19.06.2024	Научные основы повышения безопасности дорожного движения в городских агломерациях [81]

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5
9	5.1.2	Д 24.2.336.02 Москва	Смолин П.В. 2.04.2024	Административно-правовое обеспечение безопасности дорожного движения в Российской Федерации [465]
10	2.9.5	Д 24.2.352.01 Оренбург	Ильина И.Е. 26.12.2024	Методология обеспечения безопасности дорожного движения с учётом подготовленности водителей [466]
11	2.9.1	Д 44.2.001.02 Хабаровск	Шешера Н.Г. 25.06.2025	Теоретические принципы и методы повышения эффективности системы управления транспортными потоками в безаварийном режиме в городских агломерациях [467]
12	2.9.5	Д 24.2.380.05 Санкт-Петербург	Васильев Я.В. 28.10.2025	Научные основы обеспечения эффективности дорожно-транспортной экспертизы и экспертной профилактики ДТП с участием пешеходов [468]

Каждая из этих работ в той или иной степени способствовала повышению БДД в стране. В каждой из них реализованы интересные подходы к снижению дорожной аварийности. В то же время, в процессе анализа этих работ был сделан вывод о том, что ни один из вышеперечисленных авторов не использует для разработки методов повышения БДД энтропийные подходы. А ведь именно неопределенность состояния сложной системы, к числу которых относится и любая система ОБДД, и является основой сути проблематики процессов ОБДД. В этом автор увидел большой резерв дальнейшего развития научного знания о процессах ОБДД.

1.4. Динамика состояния БДД в Российской Федерации: статистика, факты, количественная и качественная оценка. Особая роль водителя в формировании дорожно-транспортной аварийности

Конституция РФ [145] в числе важнейших прав гражданина РФ определяет право на жизнь (ст. 20), на свободу передвижений (ст. 27) и на защиту здоровья и медицинскую помощь (ст. 41).

Вопросам повышения качества жизни граждан вообще и вопросам обеспечения их БДД в России последние годы придается высокий статус. Этот вывод можно сделать на основании анализа нормативно-правовой документации, регламентирующей процессы ОБДД в РФ.

Принятие целевых Программ федерального статуса по повышению БДД [146-147] и федеральных Стратегий БДД [143, 148] яркие тому свидетельства. И, надо отдать должное, практический эффект реализации этих государственных программ достаточно ощутим. Если в 2005 г. в 222475 ДТП погибло 33858 чел., то в 2025 г. эта статистика была значительно более благополучна (128793 ДТП и 13943 погибших в ДТП). Отметим, что за это время в России снижено годовое число погибших в ДТП в 2,42 раза. Годовое число ДТП также снизилось в 1,73 раза.

В таблице 1.4 приведены официальные данные Госавтоинспекции МВД РФ, свидетельствующие о положительной динамике общей ситуации в сфере ОБДД в Российской Федерации в течение 2014…2025 гг. [149].

Таблица 1.4 – Основные показатели БДД в России в динамике [149]

Показатель БДД	Численные значения показателей по годам периода											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Число ДТП, ед.	199720	184000	173694	169432	168099	164358	137662	133331	126705	132466	132037	128793
Число раненых в ДТП, чел.	251785	231197	221140	215374	214853	210877	175170	167856	159635	166500	164754	159889
Число погибших в ДТП, чел.	26963	23114	20308	19088	18214	16981	15738	14874	14172	14504	14403	13943
Примечание. В 2023 г. зафиксирован слом положительного с позиций ОБДД тренда для всех 3 показателей. Показатели 2024 г. примерно соответствуют показателям 2023 г. В 2025 г. зафиксировано снижение дорожной аварийности по всем трем показателям примерно до уровня 2022 г.												

Используя информацию Госавтоинспекции РФ, легко рассчитать значения Социального риска *HR* в России (таблица 1.5) в течение 2013…2025 гг. В течение 12 лет достигнуто 2-хкратное снижение уровня Социального риска *HR* в России. Много это или мало? Известно, что Стратегией БДД в РФ [148] была поставлена задача достичь к 2024 г. уровня $HR_{РФ\text{-}2024}$ = 4,0 погибших в ДТП/100 тыс. жит., т.е. снизить уровень *HR* более чем в 3 раза в течение буквально 7 лет.

Таблица 1.5 – Социальный риск *HR* в России в 2013…2025 гг.

Страна / Год	Социальный риск *HR*, погибших в ДТП/100 тыс. жит.											Общее снижение *HR* $_{2013...2025}$, %
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2023	2024	2025	
Российская Федерация	18,9	18,2	15,9	14,0	13,1	12,5	11,6	10,2	9,9	9,8	9,5	-49,8

Сравнивая фактические достижения с планом, можно сделать вывод о провале миссии Стратегии-2018 [143]. Уже в 2021 г. сроки достижения этой цели были сдвинуты на 2030 г. Однако и эта цель, пожалуй, недостижима в обозримом будущем, что и зафиксировано документом [148]. В двух всеобъемлющих документах, подготовленных Научным центром БДД МВД РФ [149-150] самым детальным образом проведен анализ состояния БДД в нашей стране, проанализированы самые разные аспекты дорожно-транспортной аварийности и сделан анализ причин ее формирования. Рассмотрим самые базовые соображения по этой проблематике.

1.4.1. Специфика дорожно-транспортной аварийности в России (2015…2025 гг.)

В таблице 1.6 приведена сравнительная статистика распределения удельной доли ДТП в Российской Федерации в 2025 г. и 2015 г. по видам [151].

Таблица 1.6 – Распределение ДТП по видам (2025/2015) [151]

Вид ДТП	Относительное распределение ДТП по видам, %		
	2015	2025	$\Delta_{2025/2015}$, %
Столкновение	41,0	43,1	+2,1
Наезд на пешехода	31,0	25,0	-6,0
Опрокидывание	9,0	3,3	-5,7
Иной	7,0	16,7	+9,7
Наезд на препятствие	6,0	4,8	-1,2
Наезд на стоящее ТС	3,0	3,0	-
Наезд на велосипедиста	3,0	4,1	+1,1
Итого	100	100	-

Сравнение структуры ДТП в 2025 и 2015 гг. показывает, что в последнее время *увеличилась* доля ДТП связанных со столкновением ТС (на 2,1 %) и велосипедистов (на 1,1 %). Также положительная динамика зафиксирована и для ДТП, отнесенных к разряду «Иные» (+9,7 %). К иным видам ДТП относятся в

основном падения пассажиров в общественном транспорте, связанное с неаккуратными действиями водителей. Значительно снизилась в течение последних лет доля ДТП, связанных с опрокидыванием (-5,7 %), с наездом на пешеходов (-6,0 %) и наездом на препятствия (-1,2 %).

Важно отметить очень высокую долю в России ДТП, связанных с наездом на пешеходов (25,0 % в 2025 г.), что значительно больше, чем в странах-мировых лидерах в сфере ОБДД (не больше 10-12 %). Надо отметить, что этот показатель позволяет косвенно судить об уровне транспортной культуры населения страны. И, имея этот показатель на уровне 25…30 %, Россия вряд ли может быть отнесена к числу стран с высоким уровнем транспортной культуры. Причины этого – состояние элементов системы ВАДС (ЧАДС) – весьма интересны и их влияние должно изучаться; однако факт остается фактом.

1.4.2. Особенности роли водителя в формировании дорожно-транспортной аварийности

Водитель транспортного средства – важнейший элемент автотранспортной системы или системы ВАДС, одним из характеристических свойств функционирования которой является БДД. Роли водителя в формировании дорожно-транспортной аварийности посвящено множество работ [2, 10, 14, 23-24, 31, 38, 40-44, 52-59, 79-81, 94, 133-134, 152-163 и др.]. Практически все авторы этих работ указывают на поведение водителя в качестве приоритетного фактора, формирующего условия для возникновения ДТП.

Рассмотрим характерные особенности деятельности человека при управлении автомобилем. Во-первых, водитель при управлении автомобилем попадает в условия, нехарактерные для человека как биологического вида [164]. Во-вторых, он вынужден действовать в условиях многократного увеличения скорости поступления сенсорных сигналов (на скорости пешехода $V_{пеш}$ = 5 км/ч скорость поступления этих сигналов примерно в 10…30 раз ниже, чем на скоростях, характерных для движущегося автомобиля $V_{ТС}$ = 60…150 км/ч). Во-вторых, в отличие от пешехода, водитель вынужден действовать в этом,

навязанном ему потоком темпе, зачастую не имея возможности остановиться. В-третьих, водитель чаще всего осознает необратимость принимаемых им решений и невозможность исправить возможные ошибки. Это создает определенное подсознательное давление и способствует формированию даже неосознаваемого стресса [65, 162]. Как следствие этого – достаточно быстрое нарастание транспортной усталости [65, 162-164].

До 95 % информации водитель получает по зрительному каналу [164]. Поле зрения водителя постоянно изменяется; изменяются освещенность, обзорность, видимость. В зависимости от погодных условий и времени суток водителя могут слепить солнечные лучи или фары встречных автомобилей; в сумерках настигать так называемая «куриная слепота». Контроль водителя за дорогой и объектами, движущимися по ней в таких условиях резко увеличивает темп нарастания физиологической усталости [65, 162-164].

Скорость движения оказывает влияние на размер зоны сосредоточения взгляда водителя. При скорости 20 км/ч угол зрения водителя в горизонтальной плоскости составляет около 18˚; при скорости 80 км/ч этот показатель снижается до 4˚[61]. Этот факт является одним из объяснений, почему на высоких скоростях водитель зачастую не воспринимает, казалось бы, очевидную визуальную информацию.

Весьма значительные по объему и важности результаты в сфере изучения закономерностей отслеживания в движении водителем информации были получены С.В. Жанказиевым [15, 26-27].

Существует такое понятие как «динамическая модель дорожно-транспортной ситуации (ДТС)». Эта модель может быть грубой или, наоборот, детальной. На то, чтобы динамическую модель ДТС перевести из класса грубых в разряд детальных, требуется время. Это время водитель может получить при движении на низких скоростях. Наоборот, двигаясь быстро, водитель вынужден пользоваться грубой, недетализированной моделью ДТС. Разумеется, в условиях дефицита информации вероятность формирования аварийно-опасной ситуации увеличивается.

Важно отметить, что как не существует двух одинаковых людей, так не существует и двух одинаковых картин ДТС в сознании водителей. Одна и та же ситуация воспринимается различными людьми очень по-разному [15, 67, 155, 162,165]. Обычно, на качество модели ДТС влияет специфический опыт водителя. Чем водитель опытнее и, что немаловажно, наблюдательнее, тем более качественна и детализирована его модель ДТС и тем больше он застрахован от внезапного изменения дорожно-транспортной ситуации [67].

Типичный пример такого опыта – действия водителя, движущегося в автомобиле по третьей полосе и нагоняющего двух крупногабаритных транспортные средства (грузовой автомобиль, автобус). Опытный водитель сам начнет притормаживать при торможении автомобилей, закрывающих обзорность. Неопытный же не воспримет эту ситуацию как потенциально опасную и вполне может совершить наезд на пешехода, которого пропускали грузовик и автобус.

С другой стороны, при стремлении к постоянному контролю за деталями ДТС резко увеличивается утомляемость водителя. С одной стороны, в условиях постоянной высокой бдительности время реакции водителя сокращаются практически вдвое [164], однако при этом резко возрастает нервное утомление. Неспроста, спортивные гонки (например, гонки Формула I [166]) ограничены по времени (не более 1 час 45 мин.), а многочасовые гонки (например, гонки 24 часа Ле Мана [167]) проводят в системе смены водителей (не более 4 часов за рулем). Еще одна особенность деятельности водителя как оператора сложного технического изделия заключается в одновременном управлении несколькими контурами с обратной связью [164].

Эта деятельность требует так называемого рассеянного внимания. С позиций психофиологии это вызывает активную работу сразу нескольких зон мозга водителя, которые иногда могут находиться в состоянии конфликта, что вызывает состояние когнитивного диссонанса у водителя [155, 162, 164].

В заключение данного раздела необходимо рассмотреть схему принятия водителем операторских решений (рисунок 1.4).

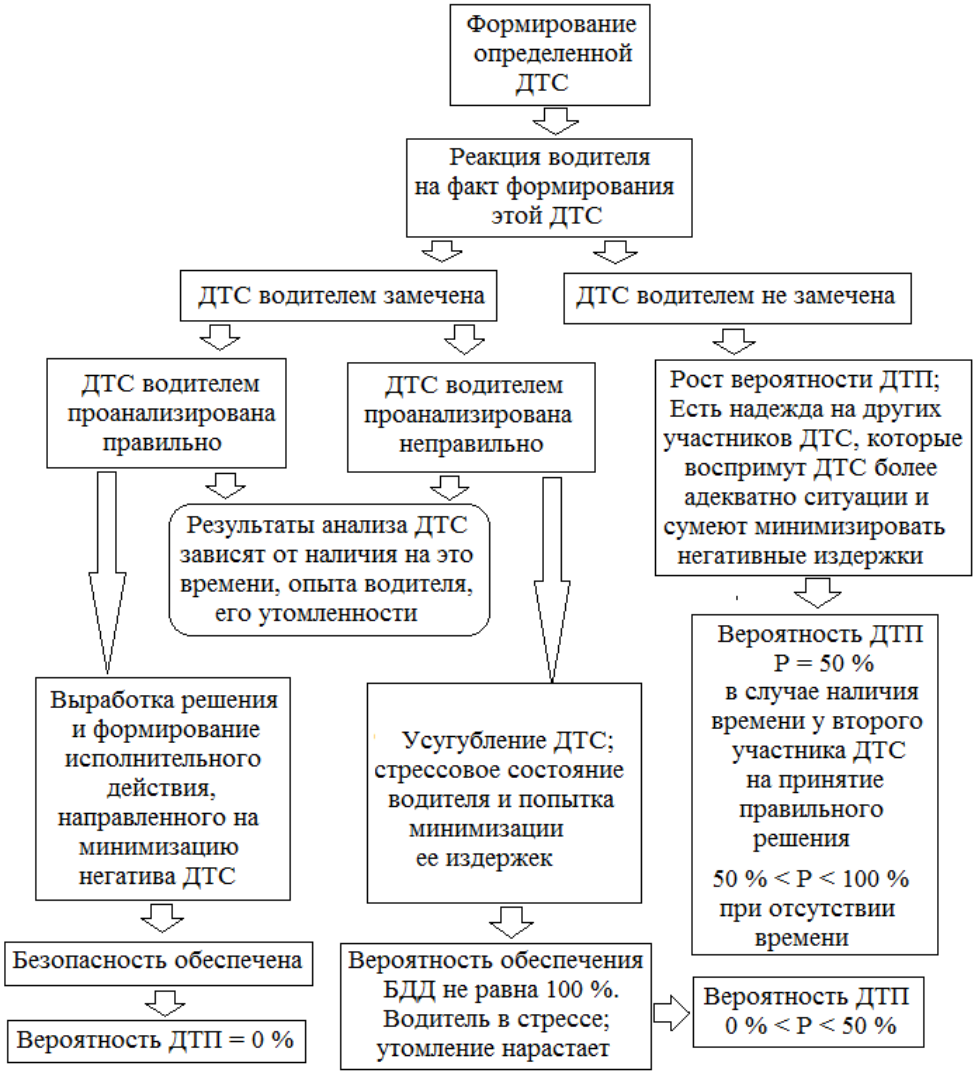


Рисунок 1.4 – Схема принятия водителем операторских решений и вероятность ДТП (авторская разработка)

Схема, представленная на рисунке 1.4 является авторской, однако основана на данных [164], проводившего анализ действий водителей, совершивших ДТП. Как указывается в [164, с. 118], объем выборки эксперимента был достаточно значительным – 670 ДТП; анализ водителей по 19 психологическим и 9 физиологическим тестам. В ходе исследований было установлено, что в 49 % случаев причиной ДТП стала незамеченная информация; в 41 % этой причиной стала замеченная, но неправильно истолкованная информация.

Еще одним важным основанием считать именно водителя критическим элементом системы ВАДС являются исследования специалистов по соционике. Многолетними исследованиями доказано, что достаточно большое число людей

просто не обладают необходимым для безопасного выполнения операторских (по отношению к источнику опасности, каковым является автомобиль) действий функционалом. Им может не хватать природных сенсорных способностей; их мыслительное быстродействие оставляет желать лучшего; их эмоциональные реакции могут не соответствовать требованиям внешней ситуации. По данным специалистов по соционике, таких людей не менее 15…20 % от общей численности населения. Вполне вероятно, что они, чувствуя свою неспособность действовать в стрессовой ситуации, требующей мгновенных правильных реакций, заведомо не пытаются участвовать в дорожном движении в качестве водителей. Однако, по данным [164, с. 119], не менее 2…5 % водителей полностью непригодны к управлению автомобилем.

Вышеизложенные соображения являются основой для аргументации выбора именно водителя в качестве важнейшего, с позиции ОБДД, элемента системы ВАДС. Но в таком случае необходимо попытаться провести достаточно глубокие исследования знаний, умений, навыков, мировоззрения и системы ценностей водителей. Возможно ли это, и какой инструмент можно для этого использовать? Вопрос сложный и одну из лучших по результату попытку ответить на него, пожалуй, сделал С.В. Жанказиев [15, 26, 27].

1.4.3. Специфика поведения российских водителей на дороге и анализ тенденций его изменения в последнее время

В исследованиях [2, 10, 14, 23-24, 31, 38, 40-44, 52-59, 79-81, 94, 133-134, 152-160, 161-163, 168 и др.] аргументировано доказывается, что некомпетентные, эгоистические действия на дороге водителя является первопричиной не менее 87…92 % ДТП. Об этом же говорит и статистика Госавтоинспекции МВД РФ [151, 168]. Почему же именно водитель является самым опасным звеном системы ВАДС?

Возможно, ответ на этот вопрос кроется в идеологии водителя. Так, по данным источника [169] из 5712 опрошенных только 554 человека (9,7 %) считают, что нарушать ПДД нельзя. Половина из оставшихся 90,3 % считает, что нарушать

ПДД можно, если это вопрос жизни или смерти (интересно, что они под этим понимают?) и 23,1 % считают, что нарушать ПДД можно, вне зависимости от ситуации (рисунок 1.5А). При этом на вопрос о качестве знаний ПДД из 5180 опрошенных только 1466 (28,3 %) заявили о том, что знают ПДД в полном объеме и следят за изменениями в этой сфере (рисунок 1.5 б).



А). Ответы респондентов на вопрос о возможности нарушения ПДД



Б). Ответы респондентов о качестве знаний ПДД

Рисунок 1.5 – Результаты социологического опроса водителей на предмет лояльности требований и знания ПДД [169]

Как следствие такого, достаточно безответственного отношения водителей к требованиям ПДД – стабильный рост фиксируемых правонарушений в сфере БДД в последние годы.

Общее количество штрафов за нарушения участниками дорожного движения в России ПДД в 2021 г. превысило отметку в 182,9 млн. ед.; их сумма составила 128,3 млрд. руб. [170]. В 2015 г. количество штрафов за нарушения участниками дорожного движения в России ПДД составило около 50 млн. ед. на общую сумму 24,8 млрд. руб. [171]. Сравнение (2021/2015) этих показателей позволяет уверенно говорить о качественном изменении технологии ОБДД в Российской Федерации в последние годы.

С учетом массового сокращения числа сотрудников Госавтоинспекции РФ в последние годы, можно констатировать общую тенденцию перехода на информационно-надзорные методы контроля за нарушением ПДД в РФ.

В таблице 1.7 представлены данные о динамике показателей, характеризующих развития системы фотовидеофиксации нарушений ПДД в РФ в 2016…2022 гг. [172]. Можно отметить, что за семилетний период (2016…2022 включительно) общее количество штрафных санкций к нарушителям правил дорожного движения увеличилось с 87,1 млн. ед. до 201,0 млн. ед., т.е. увеличилось в 2,3 раза.

Таблица 1.7 – Общая статистика динамики российской системы фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения (2016…2022) [172]

Показатель	Годы					
	2016	2017	2018	2019	2020	2022
Количество стационарных камер фото-видеофиксации нарушений ПДД в РФ, тыс. ед.	8,9	9,1	10,5	12,5	15,0	18,5
Количество передвижных камер фото-видеофиксации нарушений ПДД в РФ, тыс. ед.	4,1	3,8	3,7	3,7	3,6	5,0
Количество штрафных санкций (всего), млн. ед. / %	87,1 / 100	108,7 / 100	131,3 / 100	142,1 / 100	167,0 / 100	201,0 / 100
Количество штрафов с применением фото-видео-фиксации, млн. ед. / %	61,0 / 70,0	83,2 / 76,5	105,9 / 80,6	122,1 / 85,9	145,5 / 87,1	183,5 / 91,3
Количество штрафов, вынесенных инспекторами ГАИ, млн. ед. / %	26,1 / 30,0	25,5 / 23,5	25,4 / 19,4	20,0 / 14,1	21,5 / 12,9	17,5 / 8,7

Доля штрафов с применением фотовидеофиксации правонарушений увеличилась за это время более чем втрое (с 61,0 млн. ед. до 183,5 млн. ед.).

Сумма штрафных санкций, вынесенных с использованием технических средств фото- и видеофиксации правонарушений, в 2018 г. составила 97,3 млрд. руб., в 2019 г. – 106,5 млрд. руб., в 2020 г. – 117 млрд. руб. [172]. Расчетная величина среднестатистического штрафа, вынесенного с использованием средств фотовидеофиксации, устойчиво снижалась и составляла в 2018 г. – 918,8 руб., в 2019 г. – 872,2 руб., в 2020 г. – 804,1 руб.

Изменение числа штрафных санкций за нарушение ПДД, представленное в таблице 1.8, фиксирует два умозаключения:

- количество штрафов динамически (год к году) растет;
- количество штрафных санкций увеличивается с ростом числа камер.

Таблица 1.8 – Динамика во времени количества штрафных санкций к нарушителям правил дорожного движения в России (2016…2020) [172]

Показатель	Сравниваемые годы			
	2017 / 2016	2018 / 2017	2019 / 2018	2020 / 2019
Годовая динамика изменения числа штрафных санкций, % (год / году)	+24,8	+20,8	+8,2	+17,5
Годовая динамика изменения числа штрафов с применением фото- и видео-фиксацией, % (год / году)	+36,4	+27,2	+15,3	+19,1
Годовая динамика изменения числа штрафов, вынесенных инспекторами ГАИ МВД РФ, % (год / году)	-2,3	-0,4	-21,3	+7,5

В то же время замедляющийся темп роста количества штрафов показывает, что участники дорожного движения пытаются адаптировать свое поведение под изменяющуюся ситуацию.

Данные таблицы 1.9 характеризуют долю от общего числа нарушений требований скоростного режима [172].

Таблица 1.9 – Статистика нарушений скоростного режима (2019…2021) [172]

Показатель	Значение		
	2019	2020	2021
Количество штрафных санкций (всего), млн. ед. / %	142,1	167,0	182,9
Количество штрафных санкций за нарушение скоростного режима, ед.	101,8	124,0	151,8
Доля нарушений скоростного режима в общем числе нарушений, %	71,6	74,2	83,0

31.07.2019 г. было объявлено, что общедоступной становится интерактивная карта мест локализации комплексов фото- и видеофиксации. В этот же день число запросов соответствующей интернет страницы сайта Госавтоинспекции РФ превысило возможности системы; данная информация снова перешла в разряд полусекретных.

В информационном материале [173] очень наглядно показано, как менялась роль камер фиксации правонарушений в сфере БДД в последние годы. 182,9 млн. нарушений ПДД, зафиксированных в 2021 г., распределились как 22,1 млн. ед. (сотрудники ДПС Госавтоинспекции РФ + 160,8 млн. ед. (камеры фото-видеофиксации нарушений ПДД).

Для данных 2022 г. это распределение было примерно таким же. Итак, уже почти 90 % нарушений ПДД фиксируется с помощью информационных технологий.

На рисунке 1.6 [173] приведено распределение правонарушений, зафиксированных средствами фото-видеофиксации правонарушений.

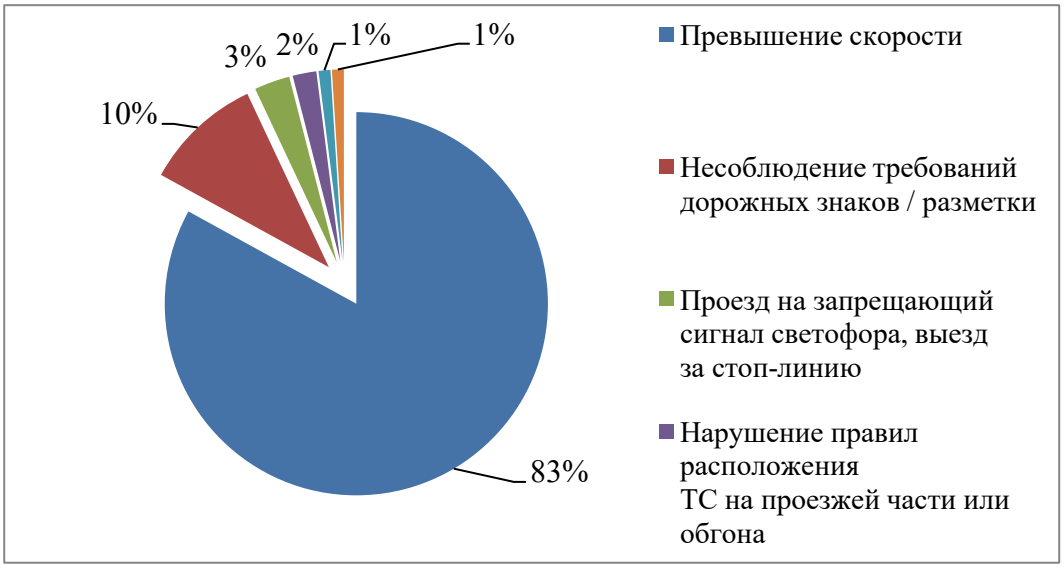


Рисунок 1.6 – Распределение нарушений в 2021 г. в РФ
по признаку фиксации дорожными камерами [173]

В таблице 1.10 представлено распределение нарушений ПДД, зафиксированное в 2021 г. сотрудниками ДПС ГАИ РФ [173]. Анализ данных рисунка 1.6 и таблицы 1.10 позволяет сделать вывод о сформировавшейся дифференциации выявления правонарушений в сфере БДД между техническими средствами и людьми-инспекторами ДПС Госавтоинспекции РФ.

Таблица 1.10 – Распределение нарушений ПДД, выявленное в 2021 г. сотрудниками ДПС ГАИ РФ [173]

№№	Вид нарушений	Относительная частота, %
1	2	3
1	Управление ТС с неисправностями	12,8
2	Нарушения, связанные с отсутствием полиса ОСАГО	12,5
3	Неиспользование ремня безопасности / мотошлема	12,3
4	Нарушения ПДД пешеходами	7,8
5	Нарушения по неуплате штрафа за нарушение ПДД	5,5
6	Нарушение требований дорожных знаков и разметки	5,2
7	Непредоставление преимущества пешеходу	4,4

Окончание таблицы 1.10

1	2	3
8	Нарушение правил расположения ТС на дороге	4,1
9	Нарушение правил стоянки или остановки	3,4
10	Управление ТС водителем, не имеющим документов	3,3
11	Нарушение правил перевозки людей	3,3
12	Управление ТС при отсутствии права управления	2,3
13	Проезд на запрещающий сигнал светофора	2,1
14	Нарушение правил маневрирования	2,1
15	Превышение разрешенной скорости	1,7
16	Нарушение правил установки знаков	1,4
17	Управление ТС в состоянии опьянения	1,3
18	Отказ от медицинского освидетельствования	0,8
19	Иные нарушения	13,7

Сегодня инспекторы ДПС практически отказались от функции выявления нарушителей скоростного режима и передали этот функционал средствам технического мониторинга. Касаясь вопроса влияния на БДД профессиональной квалификации, отмечу, что рост профессиональной квалификации водителей не совпадает (рисунок 1.7) с тенденцией изменения самомнения водителя о себе как мастере управления автомобилем [153].

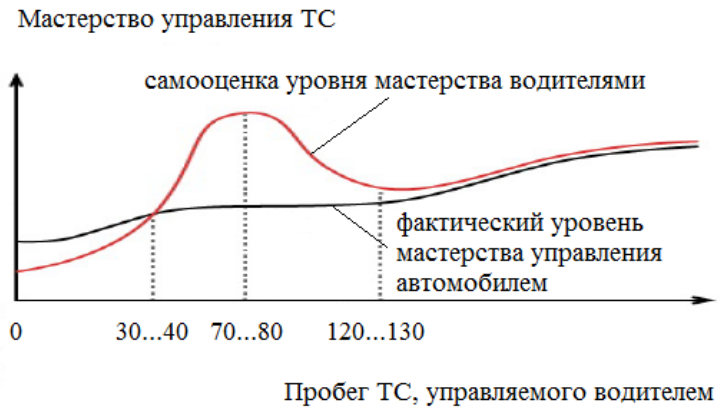


Рисунок 1.7 – Изменение самооценки мастерства водителя в процессе приобретения опыта управления автомобилем [153]

Попробуем на статистическом уровне разобрать, какая доля людей безответственно относится к вопросам безопасности и формирует аварийно опасные ситуации? Прежде всего, надо отметить, что понимать мотивацию действий на дороге конкретного водителя в конкретной ситуации крайне проблематично [155]. Еще в работах [70, 155, 162, 174-175] было указано, что между сознательными действиями человека и действиями согласно инстинкту есть весьма большие различия. Тем не менее, провести серьезные эксперименты,

способствующие раскрытию подсознания водителя практически невозможно, в связи с чем приходится довольствоваться анализом информации, продуцируемой сознанием.

Важно понимать и то, что исследователя по большому счету чаще всего интересует не конкретный случай ДТП, а некая усредненная по массиву ситуация. Именно этот социально приемлемый стандарт формирует итоговую ситуацию в сфере БДД в стране. В [176] указано, что «уже давно опубликованы сведения (страховщики имеют собственные «большие данные»), что за 70 % ДТП в стране ответственны лишь 5 % водителей». При этом со временем мировоззрение водителей транзитирует.

Так, по данным ВЦИОМ [177] и Госавтоинспекции РФ с течением времени сознательность российских водителей и их пассажиров постепенно меняется в лучшую сторону [168, 177] (таблица 1.11).

Таблица 1.11 – Факты, свидетельствующие о положительной тенденции роста самосознания у российских водителей [168, 177]

Показатель	ВЦИОМ [177]		ГАИ МВД РФ [168]	
	2007	2015	2016	2019
Доля родителей, использующих детские удерживающие устройства, %	16	59	-	-
Доля пассажиров передних сидений, которые всегда пристегиваются, %	32	75	-	-
Доля водителей, погибших в ДТП, не использовавших ремни безопасности, %	-	-	40	19

Возможно также, что дело не только и не столько в сознательности, сколько в сформированной со временем привычке. Однако замечание о транзите мировоззрения в сторону большей безопасности не является глобальным по отношению ко всему массиву пользователей транспортными средствами.

Анализ мотивационных действий водителей лучше всего проводить на основе обработки больших массивов информации, полученной методами социологии [70, 155, 130, 175, 178-184]. При этом надо понимать, что вопросы должны быть сформулированы однозначно, а варианты ответа должны быть ограничены по объему и четко структурированы [185-187]. Пожалуй, наиболее

подходящим инструментом изучения распределения водителей по каким-либо признакам является построение и последующее качественное изучение социоценоза [188-193]. Под *социоценозом* понимается любая совокупность социальных особей, ограниченная по какому-либо признаку. Каждая особь социума представляет собой структурную единицу социоценоза. Масштаб определения понятия «особь» зависит от того, что объединяется в социоценоз. Более подробно эта тематика была рассмотрена в авторской монографии [194].

1.5. Специфика проблематики ОБДД в Российской Федерации: основные аспекты и проблематика, вызовы пространства и времени

1.5.1. Проблема пространственной неоднородности социально-экономического развития территорий Российской Федерации

Главная целевая установка для профессионалов в сфере ОБДД – сохранение жизни и здоровья людей. И в достижении этой цели есть множество неопределенностей, связанных с неоднородностью характеристик множества аспектов состояния элементов системы ВАДС (ЧАДС). В свою очередь, неоднородность состояния элементов системы ВАДС (ЧАДС) связана как с крайним разнообразием условий внешней среды в Российской Федерации, так и с широким диапазоном характеристик, описывающих системные элементы [В(Ч)] – Водитель (Человек); [А] – Автомобиль; [Д] – Дорога. Попробую хотя бы в первом приближении кратко рассмотреть эту проблематику. Сначала рассмотрим соображения о крайней неоднородности Среды [С], в рамках которой функционирует Транспортная система России.

Российская Федерация – одно из самых уникальных государств в мире, пространственно занимающее более 17 млн. км^2 территории, с богатейшей географией, историей и культурой. В рамках общей государственности в Российской Федерации совместно проживает более 190 народов и народностей [195] с различными культурными традициями.

Российская Федерация (РФ) – государство, объединяющее 89 субъектов (86 из них – субъекты-регионы; 3 – города федерального значения). РФ – многонациональная страна, объединенная единым языком (русским владеют более 99,4 % населения).

Одна из серьезнейших проблем развития крупнейших стран мира – необходимость и, что принципиально важно, сложность пространственного выравнивания качества жизни населения в масштабах гигантских территорий, характеризуемых не только различным, по сути, менталитетом жителей, но и, прежде всего, различным уровнем социально-экономического территориального развития [196].

Надо отметить, что руководство страны самым серьезным образом реагирует на необходимость удержания гигантских территорий РФ в рамках единой структуры как в экономическом, так и в социально-политическом поле. Минэкономразвития РФ заявляет своей целью «обеспечение устойчивого социально-экономического развития субъектов РФ, в том числе посредством снятия инфраструктурных ограничений и максимально полного использования потенциала регионов и городов» [197]. Этот же тезис заявлен в качестве целевого в рамках 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 г. [198]. В целом, расселение населения РФ в пространстве территории страны коррелирует с особенностями климата (рисунки 1.8…1.9), что определяет не только стиль жизни людей, но и их желание (или нежелание) жить в определенных локациях и осваивать эти земли. В целом плотность расселения российского населения в пространстве территории страны соответствует комфорту климатических условий (рисунок 1.9). Именно климат определяет специфику развития различных регионов России. Нельзя не отметить, что Россия является самой северной страной мира, около 22 % территории которой локализуется в арктическом и субарктическом климатических поясах. Но, например, в арктической зоне России (АЗР) сегодня проживает не более 1,7 % от населения страны, при том, что именно на АЗР приходится около 12 % ВВП России (данные 2020 г.).

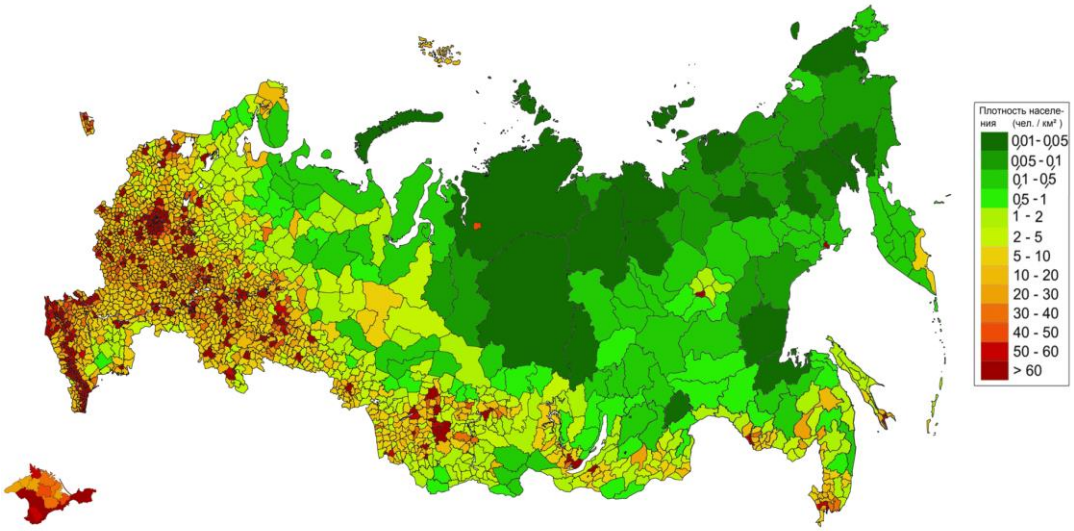


Рисунок 1.8 – Плотность расселения людей в пространстве территории Российской Федерации [198]



Рисунок 1.9 – Карта климатических поясов Российской Федерации [198]

В Стратегии пространственного развития России [199] приводятся соображения о необходимости дифференциации территорий, входящих в Российскую Федерацию, на шесть кластеров, обозначенных как макрозоны (рисунок 1.10). В этом же документе приводятся соображения о том, что уже давно в России сформировались явные диспропорции пространственного социально-экономического макрозонального развития России (рисунок 1.10). Это легко увидеть, анализируя представленные на рисунке 1.10 данные о стоимости основных фондов и соответствующих долях ВВП, приходящихся на эти макрозоны.

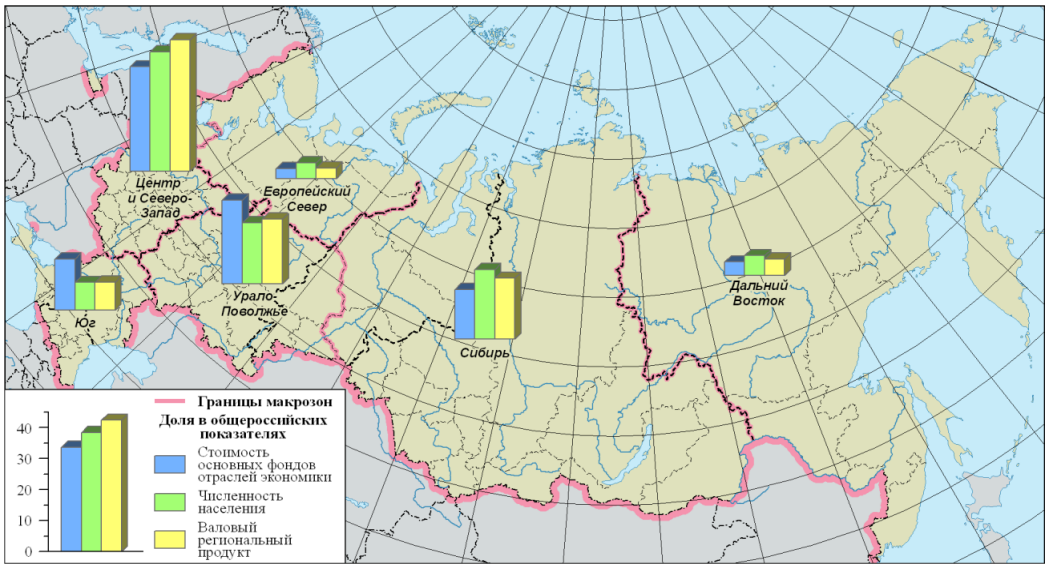


Рисунок 1.10 – Анализ диспропорций социально-экономического развития РФ [199]

Е.В. Курушина в своей работе [200] заявляет о диспропорциях развития российских территорий по самым разным характеристикам, как экономическим, так и социальным.

Характеризуя региональные особенности пространственного распределения валового регионального продукта (ВРП), Стратегия пространственного развития РФ [199] отмечает, что сегодня сложилась ситуация явной концентрации ВРП в первой десятке крупнейших субъектов РФ. Состав первой десятки регионов – лидеров во времени (1994…2025 гг.) почти не меняется. В перечень таких регионов входят два города федерального значения и высокоразвитые промышленные регионы. В 1994 г. на их долю приходилось 41,4 % суммарного ВРП, в 2014-2024 гг. – более 50…55 % ВРП.

В других регионах страны ситуация с производством ВРП весьма сложна. Лишь в 20…22 субъектах Российской Федерации валовая добавленная стоимость может обеспечить конечное потребление и накопление. В 14 регионах страны производимые ресурсы недостаточны даже для покрытия конечного потребления домохозяйств [199].

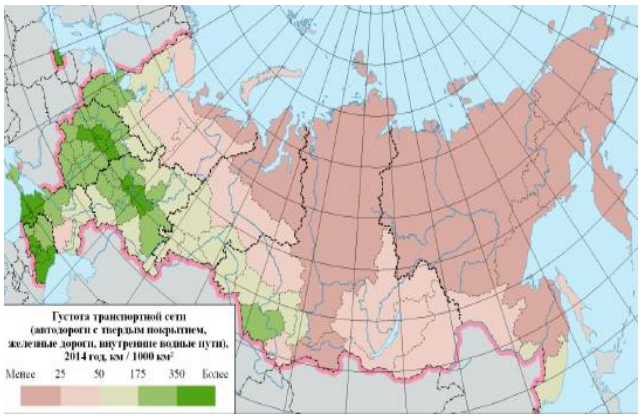
Факты Стратегии пространственного развития РФ [199] свидетельствуют о высоком межрегиональном неравенстве по самым разным характеристикам. Соотношение между максимальным и минимальным значениями душевого ВРП в

2014 г. в регионах РФ составил более 38 крат, в 2024 г. – уже 62 краты [201]. Оценивая вариацию различных показателей, характеризующих социально-экономические условия жизни в регионах, Л.М. Симонова и И.А. Ефремова в [202] отмечают, что коэффициент вариации в РФ в 2015 г. составлял: по уровню безработицы 55,3 %; по инвестициям в основной капитал на душу населения – 227 %; по плотности автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием – 137,3 %; по численности населения с доходами ниже прожиточного минимума – 36,4 %; по денежным доходам в расчете на душу населения – 39,0 %; по числу семей, получивших жилье и улучшивших жилищные условия – 59,9 %; по удельному весу ветхого и аварийного жилищного фонда – 119,0 %; по качеству институциональной среды (т.е. по размеру теневой экономики) – 44,2 %. Соотношение между минимальным (Республика Ингушетия; 0,342) и максимальным (ЯНАО; 0,467) региональными значениями коэффициента Джини по данным Росстата [201] в 2024 г. составило 1,36.

Второй аспект системы ВАДС (ЧАДС), тесно связанный со средой [С] – Дороги [Д]. Характеризуя особенности развития дорожно-транспортной инфраструктуры в пространстве Российской Федерации, авторы Стратегии пространственного развития России двумя картами очень красноречиво иллюстрируют пространственную неоднородность в этой части (рисунок 1.11). Конечно же, развитие дорожной сети тесно связано с особенностями расселения людей в пространстве страны, в частности, с плотностью населения, во многом зависящей от климата и от исторических особенностей развития территорий.

Третий и четвертый аспекты системы ВАДС (ЧАДС) – [В(Ч)] – Водитель (Человек) и [А] – Автомобиль – также тесно связаны с двумя вышерассмотренными системными элементами – Средой [С] и Дорогами [Д].

Неоднородность качества жизни людей в пространстве территории страны является не только проблемой Российской Федерации, но и характерна для большинства разнородных по национальному составу, стран мира [203-207]. Разумеется, эта проблема не обошла стороной и нашу страну.



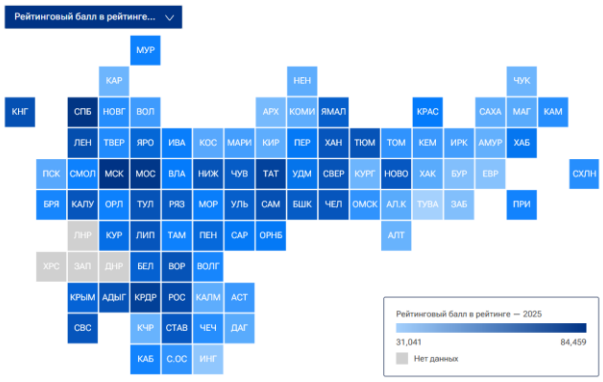
А). Густота (плотность) транспортной сети, км/1000 км^2



Б). Расстояние, км. до усовершенствованных транспортных путей

Рисунок 1.11 – Цветовые карты, характеризующие пространственную неоднородность развития транспортных путей в России [199]

Пожалуй, красноречивее всего о различиях в качестве жизни граждан Российской Федерации в различных регионах свидетельствуют данные о качестве жизни населения (2021) [208] и о величине Индекса человеческого развития (2019) [209] в регионах страны. На рисунке 1.12 представлены две карты России, на которой представлены цветовые индикаторы, идентифицирующие фактический уровень качества жизни.



А). Рейтинговые баллы оценки качества жизни населения в регионах РФ (2025) [208]



Б). Индекс человеческого развития (ИЧР) (2021) [209]

Рисунок 1.12 – Цветовые карты, характеризующие пространственную неоднородность индексов качества жизни населении в регионах России

Диапазон значений рейтингового балла качества жизни (рисунок 1.12а) определяется как [31; 84], что свидетельствует о высокой дисперсии показателя.

Рейтинг качества жизни населения в регионах РФ (2025) основан на учете тех или иных аспектов условий жизни и ситуации в социально-экономической сфере. При этом учитывались семь десятков показателей, объединенных в 11 групп. Максимальное значение качества жизни (2025) в РФ был зафиксирован в Москве (84,459 балла в размерности [0; 100]); минимальные значения отмечены в Республике Тыва (31,041 балла) и Республике Ингушетия (35,943 балла) [208].

Подобные оценки, правда в размерности [0; 1], дает и рейтинг регионов России с учетом Индекса человеческого развития (ИЧР) (рисунок 1.12б). В 2021 г. максимальный уровень ИЧР был характерен для г. Москва (0,940), а минимальный для Республики Тыва (0,787) [209].

Косвенным свидетельством неоднородности качества жизни людей в различных регионах страны может быть информация об уровне автомобилизации [151, 210]. Сегодня автомобиль индивидуального пользования прочно занял в России нишу свидетельства о личном успехе его владельца; около 93 % опрошенных специалистами ВЦИОМ респондентов считают обязательным признаком успешности наличие автомобиля [159]. Тем не менее, уровень автомобилизации в регионах страны весьма различен. Максимальные уровни региональной автомобилизации превышают 600 ТС/1000 жителей (в Магаданской области A_{2025} = 706 ТС/1000 чел., в Приморском крае A_{2025} = 632 ТС/1000 чел.,). В то же время в ряде российских регионов региональная автомобилизация примерно в три раза ниже (в Республике Ингушетия A_{2025} = 177 ТС/1000 чел., в Чеченской Республике A_{2025} = 257 ТС/1000 чел.).

Даже с учетом весьма различных условий использования автомобилей (дорожные, климатические условия и т.д.) настолько серьезное (3-х-кратное) различие в уровне автомобилизации населения позволяет косвенно судить и о различиях в уровне качества жизни населения регионов страны. Можно было бы привести еще много других фактов, свидетельствующих о серьезной пространственной неоднородности качества жизни населения российских регионов [35, 159, 196, 199-200, 202, 211-217].

Вышеуказанные факты заставляют задуматься о правомерности использования единых подходов к управлению БДД в рамках такой большой и крайне неоднородной по самым разным характеристикам стране, как российская Федерация.

Д. Аджемоглу и Д. А. Робинсон [218, с. 18] считают, что «если пытаться приводить пространственную неоднородность каких-либо социально-экономических характеристик функционирования современного общества к временной шкале, то можно утверждать, что разные страны и даже различные регионы одной страны могут функционировать как бы в различных временных периодах».

В полной мере это наблюдение касается и автодорожного комплекса [94]. Отмечая факты серьезных перекосов в пространственном развитии автодорожного комплекса Российской Федерации, И.Н. Пугачев и его соавторы [69] отмечают при этом, что согласно Конституции все граждане нашего государства «имеют равные не только обязанности, но права, в том числе относительно возможностей передвижения в пространстве; безопасности такого рода жизнедеятельности и ее экономической составляющей».

1.5.2. Различия уровня БДД в различных регионах (городах) России

При управлении БДД субъект управления обязан учитывать региональную специфику дорожно-транспортной аварийности, которая является чрезвычайно сложным феноменом. В разных регионах РФ различаются как уровни транспортной культуры населения, так и принципы организации функционирования транспортных систем (включая работы по обеспечению БДД). Все эти процессы протекают на фоне очень разных культурных традиций (особенно в национальных регионах России), разного уровня экономического достатка (что влияет на качества автопарка), разного отношения к ценности жизни и т.п. Как следствие, в разных регионах страны дорожно-транспортная аварийность имеет свою специфику.

Об этом, в частности, пишут В.И. Стародубов, В.Н. Боровков в [219]. Эти авторы отмечают 5,9-кратную (для мужчин) и 13,4-кратную (для женщин) вариацию смертности в различных российских регионах. Еще больших значений достигает этот показатель при анализе смертности от ДТП в различных возрастных группах. В.И. Стародубов, В.Н. Боровков [219] предложили региональную классификацию, учитывающую степень серьезности проблематики смертности населения по причине участия в ДТП (таблица 1.12).

Таблица 1.12 – Дифференциация регионов России по категориям смертности от ДТП относительно среднероссийского уровня Социального риска *HR* [219]

Группа категории смертности от ДТП	Значения коэффициентов величины *HR* относительно среднероссийского уровня	
	Мужчины	Женщины
Низкая	≤ 0,40	≤ 0,25
Пониженная	0,41…0,8	0,26…0,75
Близкая к общероссийской	0,81…1,20	0,76…1,25
Повышенная	1,21…1,60	1,26…1,75
Высокая	≥ 1,61	≥ 1,76

В таблице 1.13 представлены примеры принадлежности регионов РФ (2025 г.) к группам категорий смертности по показателю «Социальный риск *HR*».

Таблица 1.13 – Регионы РФ – представители (2025 г.) различных групп категорий смертности от ДТП (по В.И. Стародубову и В.Н. Боровкову [219]) [151]

Группы категорий	Регионы РФ	Значения HR_{2025}
Низкая	Санкт-Петербург	2,6
	Ненецкий АО	2,4
	Москва	2,2
Пониженная	Калининградская область	7,3
	Ханты-Мансийский автономный округ	6,0
	Архангельская область	5,9
Близкая к общероссийской	Удмуртская Республика	9,7
	Самарская область	9,6
	Пермский край	9,4
Повышенная	Воронежская область	14,0
	Республика Бурятия	14,4
	Курганская область	16,5
Высокая	Республика Тыва	32,8
	Республика Калмыкия	29,9
	Республика Алтай	22,8

Сравнение данных таблицы 1.13 с общероссийским уровнем Социального риска ($HR_{РФ\text{-}2025}$ = 9,54 погибших в ДТП/100 тыс. чел.), подводит к выводу о высокой региональной (пространственной) неоднородности территориального пространства РФ по признаку смертности в ДТП. Данные таблицы 1.13 позволяют понять, что уровень HR_{2025} в Москве почти в 15 раз ниже, чем в Республике Тыва. Сравнение величин HR_{2025} в Республике Тыва и Ненецком АО показывает 13-кратное различие, что нельзя объяснить простой статистической погрешностью.

Сопоставимый вывод можно сделать и по результатам региональных сравнений величины показателя «Тяжесть последствий ДТП». Между самыми высоким ($К_{тяж\ ДТП\ 2025}$ = 19,0 в Чеченской Республике) и самым низким значением этого показателя ($К_{тяж\ ДТП\ 2025}$ = 3,1 в Москве) более чем 6-кратное различие.

Заметим, что на положительном и отрицательном полюсах диапазона возможных значений показателей HR_{2025} и $К_{тяж\ ДТП\ 2025}$ находятся разные субъекты Российской Федерации. Эти факты свидетельствуют о наличии *специфических черт природы дорожно-транспортной аварийности* в различных российских регионах. Если пытаться объяснить эту специфику посредством использования понятия «Парадигмы БДД» [94], то, очевидно, в разных районах нашей большой страны на практике реализуются различные парадигмальные подходы к обеспечению БДД на практике. Очевидно, что Москва и Санкт-Петербург уже давно вошли в фазу реализации идей Пятой парадигмы БДД, а Республика Тыва, возможно, находится в фазе Второй-Третьей парадигмы БДД. Именно это и требует весьма различных подходов к обеспечению БДД в этих столь разных регионах. Но для этого сначала необходимо детально изучить региональную специфику формирования дорожно-транспортной аварийности во всех 85 субъектах России.

1.6. Выводы и задачи исследования

С учетом материала, представленного в разделах 1.1…1.5, необходимо очертить круг исследовательских задач и сформулировать ограничения, принятые в данном исследовании. Федеральные целевые программы по БДД в РФ (а именно - Первая (на срок 2007…2012) [146] и Вторая (на срок 2013…2020) [147]) были

призваны вывести вопросы снижения травматичности и гибели людей в ДТП на самый высокий уровень внимания государства. Решать эту задачу в рамках такой гигантской страны, как Российская Федерация крайне затруднительно и, очевидно, не всегда результативно, в связи с чем ряд полномочий был передан на региональный и местный уровень. Практически в каждом из 85 (89 с 2022 г., но по 4 из них нет официальной статистики) субъектов Федерации и в большинстве крупнейших, крупных и средних городов обеспечение БДД также осуществляется системно, на основе региональных и местных Программ по БДД. Анализ показывает, что в разных городах России, несмотря на единые ПДД и общую политику управления БДД, используются весьма разные подходы (акценты, методы, технологии) в работе лиц, профессионально организующих процессы обеспечения дорожной безопасности.

Даже, казалось бы, единые для всей территории страны, требования ГОСТов понимаются и исполняются в разных регионах и городах по-разному. Так, требования пункта 7.1.2 ГОСТ Р 52289-2004 (редакция 2014 г.) «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» [220], а именно фразы «Не допускается пересечение транспортных и пешеходных потоков в одной фазе светофорного цикла регулирования» в разных регионах РФ толковались по-разному. Например, в г. Тюмени начиная с осени 2016 г. почти 95 % всех светофорных объектов были переведены в многофазные режимы эксплуатации (с обязательным наличием выделенной пешеходной фазы в цикле). В других же городах РФ это требование было либо проигнорировано, либо выполнено лишь частично (яркий пример – г. Екатеринбург). В новой версии этого документа – ГОСТ Р 52289-2019 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» [221] ранее использованная формулировка п. 7.1.2 была ликвидирована и заменена пунктом 7.2.6: «При светофорном регулировании *в одной фазе светофорного цикла допускается движение пешеходов и поворачивающих транспортных средств* (пересекающих

направление движения пешеходов) при одновременном выполнении следующих условий:

- суммарная интенсивность транспортных средств, поворачивающих в одно направление, не более 120 ед./ч, а интенсивность движения пешеходов не более 600 пеш./ч;
- применение информационных световых секций по 7.4.12 для предупреждения водителей о возможном движении пешеходов по пешеходному переходу, на который он поворачивает с режимом белолунного мигания с частотой по 7.5.3».

Очевидно, что эти изменения были следствием крайне неэффективной реализации волюнтаристского по свое сути нормативного требования об обязательном разделении транспортных и пешеходных потоков во времени.

Нужно отметить и то, что в разных регионах и городах очень по-разному организованы самые разные транспортные процессы – от транспортного обслуживания жителей городов, до транспортно-экспедиционного обслуживания процессов логистики и торговли.

К примеру, в таких городах как Москва и Казань все предприятия-перевозчики пассажиров имеют муниципальный статус (либо, как вариант – статус АО, 100 % акций которого принадлежат муниципалитету), единые правила работы; в них осуществляются все процедуры, необходимые для качественного, эффективного и безопасного выполнения транспортных работ. Напротив, в ряде городов, в том числе и крупнейших (Волгоград, Омск [222]) присутствует достаточно высокая степень хаоса в процессах функционирования систем транспортного обслуживания населения. Выражается это и в допуске к перевозкам частных лиц, зачастую неспособных обеспечить высокую безопасность перевозок; в использовании нерациональных типов, марок и моделей транспортных средств; в выборе форм работы, обеспечивающих высокую эффективность, но низкое качество и безопасность перевозок пассажиров. Вышесказанные примеры систем городского общественного транспорта можно характеризовать как относительно высокоорганизованные (Москва, Казань) и относительно низкоорганизованные

(города Юга России, большинство малых и средних городов Российской Федерации). Примерно та же ситуация крайней неоднородности транспортно-логистических процессов (грузовые перевозки и сопряженные с ними работы).

Итак, проблематика пространственного разнообразия процессов формирования дорожно-транспортной аварийности весьма актуальна; используемые в нашей стране на практике пути оптимизации процессов ОБДД весьма разнообразны. Все это делает актуальным вопрос разработки методик идентификации качественного состояния региональных (городских) систем ОБДД, выявления и распространения наилучших практик, передачу их на федеральный уровень с целью тиражирования, но не бездумного, а только для тех условий, в которых они реализуются максимально эффективно.

С учетом проведенного анализа состояния вопроса автором были сформулированы выводы и определены цель и задачи диссертационного исследования.

Проведенный анализ позволил сделать следующие основные ***выводы***.

1. Фактический уровень обеспечения безопасности дорожного движения – один из важнейших критериев оценки качества функционирования автотранспортных систем.

2. В свете общемировой тенденции стремления к минимизации издержек, связанных с дорожно-транспортной аварийностью, к минимизации смертности в ДТП и совершенствованию процессов обеспечения народосбережения, необходимо развивать научные направления, связанные с поиском возможностей повышения качества управления безопасностью дорожного движения.

3. Тематика научных исследований по вопросам обеспечения БДД занимает умы ученых уже более 100 лет (примерно с 1920-х гг.), и за этот период времени сменилось Пять парадигм представлений о путях и инструментах управления БДД. Исследованиями в сфере БДД профессионально занимались десятки тысяч ученых всего мира. Во многом благодаря их трудам смертность по причинам дорожно-транспортной аварийности во многих странах снизилась на порядок. В тех зарубежных странах, где процесс автомобилизации в XX веке характеризовался

максимальными темпами, процессы научного познания особенностей формирования дорожно-транспортной аварийности и разработки методов борьбы с ней, шли опережающими, по сравнению с нашим Отечеством, темпами. Почти пятикратное различие в уровнях Социального риска *HR* в РФ в сравнении с самых передовыми странами в этой сфере жизнедеятельности людей заставляет искать и реализовывать инновационные подходы к повышению БДД в нашей стране.

4. Сегодня все большую актуальность приобретает проблема пространственной неоднородности характеристик развития автотранспортных систем. Это замечание справедливо практически для всех аспектов функционирования сложных социо-технических систем, (в том числе и транспортных). Не последнее место в этом ряду занимают и вопросы обеспечения БДД. В частности, в такой гигантской стране, как Российская Федерация, уже давно назрела необходимость пространственного выравнивания характеристик БДД.

5. Пространственная неоднородность развития региональных автотранспортных систем РФ, в том числе, неоднородность БДД в пространстве территории России, во многом является следствием значительной дифференциации социально-экономического развития территорий и качества жизни населения различных субъектов Федерации. Это замечание касается не только степени развития дорожной сети и ее качества, но и структурных особенностей парка транспортных средств, их срока и условий эксплуатации.

6. В ходе анализа установлено, что, рассматривая вопросы обеспечения БДД в глобальном масштабе, на уровне макросистем, невозможно обойтись без использования понятия «ценоз» – совокупности каких-либо, объединенных отдельным признаком, объектов или субъектов. Каждый техноценоз или социоценоз характеризуется определенными свойствами, такими как неоднородность структуры, разнообразие качественных признаков (например, для техноценоза «Транспортные средства» – средний возраст парка и т.д.). Поиск закономерностей в части понимания того, как связаны между собой особенности техно- и социоценозов и уровень организованности автотранспортных систем в сфере БДД является также важной научно-организационной задачей.

7. Проблематика поиска современных методов оценки качества управления БДД является одним из самых современных научных направлений совершенствования БДД. Для выбора инструментария для решения задачи оценки организованности необходимо рассмотреть существующие общефилософские подходы к изучению проблематики пространственно-временной неоднородности БДД и выбрать соответствующий поставленным задачам инструментарий.

В процессе проведения анализа состояния вопроса была сформулирована ***цель исследования*** – разработка научно-методологических основ повышения эффективности управления безопасностью дорожного движения (БДД) посредством совершенствования системных подходов к структурному анализу процессов формирования дорожно-транспортной аварийности.

На основе выполненного анализа сформулированы следующие ***задачи исследования***, решение которых обеспечивает достижение цели.

1. Рассмотреть существующие возможности моделирования системной организованности применительно к сфере обеспечения БДД.

2. Разработать Методику оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) системных процессов обеспечения БДД.

3. Провести теоретические исследования специфики энтропийного поведения систем обеспечения БДД.

4. Провести экспериментальные исследования информационно-энтропийной специфики процессов изменения во времени и пространстве организованности региональных и городских систем обеспечения БДД и осмыслить полученные результаты.

5. Выявить противоречивость достоинств и недостатков систем обеспечения БДД с различным уровнем организованности.

6. Разработать методологический инструментарий выбора приоритетных направлений совершенствования БДД для автотранспортных систем с различными уровнями системной организованности.

7. Внедрить научно-практические разработки и оценить социально-экономический эффект их практического использования.

1.7. Опубликованные автором результаты исследований, выполненные в ходе подготовки данной диссертационной работы

В общем списке использованных источников представлены 468 наименований. Из них в тексте диссертации детально представлены результаты исследований, опубликованные в авторских работах [3, 36, 172, 194, 203, 204, 205, 206, 207, 351, 352, 360, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 444, 446, 459]. Однако это не полный перечень опубликованных автором диссертации статей и монографий, в той или иной степени рассматривающих вопросы, связанные с исследованиями автора по тематике обеспечения БДД.

В течение 2013-2026 гг. по тематике данной диссертационной работы и по сопряженным вопросам, связанным с совершенствованием организации процессов обеспечения дорожной безопасности и управлением БДД, автором опубликовано в общей сложности 43 статьи в периодических изданиях ВАК РФ (включая 1 статью [506] в издании, индексируемом в базе данных RSCI) [469-511], 42 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science [512-553] и 3 монографии [554-556].

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПОДХОДОВ И ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАРИЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И МЕТОДИКА ЭНТРОПИЙНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

2.1. Общее представление о системах

Изучая организованность систем ОБДД, необходимо начать с разбора понятия «система». Существует множество определений этого феномена.

В Большой советской энциклопедии [223] понятие *системы* «συστημα» (гр.) означает «состав». В толковом словаре С.И. Ожегова [224] представлено семь определений данного понятия, в частности «*система* – это «*нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимосвязи частей*».

С философских позиций, «*система – это совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство*» [225]. С технической точки зрения, система определяется как «*объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе*» [226].

По мнению Л. фон Берталанфи [227-228]: «*система – комплекс взаимодействующих компонентов или совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой*».

Если рассматривать систему S как совокупность элементов (частей, компонентов) a_i и связей (отношений) r_j между ними, то можно описать Математически система описывается вариантами выражений (2.1; 2.2; 2.3):

$$S \underset{def}{\equiv} <A, R>, \text{ где } A = \{a_i\}, R = \{r_j\}, \tag{2.1}$$

$$S \underset{def}{\equiv} <\{a_i\}, \{r_j\}>, a_i \in A, r_j \in R, \tag{2.2}$$

$$S \underset{def}{\equiv} [\{a_i\} \ \& \ \{r_j\}], a_i \in A, r_j \in R \tag{2.3}$$

Зачастую системные элементы принципиально неоднородны. Это можно учесть, если разные множества элементов будут выделены в форме (2.4):

$$A = \{a_i\} \text{ и } B = \{b_k\}: S \equiv <A, B, R>. \quad (2.4)$$

Взаимодействие элементов системы реализуется посредством связей между ними. Эти связи характеризуются системными свойствами Q_A, что также необходимо учитывать в определении системы (2.5):

$$S \underset{def}{\equiv} <A, Q_A, R>. \quad (2.5)$$

Т.к. одним из важнейших признаков системы является признак наличия целеполагания (обозначим цель как Z), то это тоже необходимо учесть в ее математическом определении (2.6):

$$S \underset{def}{\equiv} <A, R, Z>. \quad (2.6)$$

Любая система функционирует в определенной среде SR и в течение какого-то временного отрезка ΔT. В этой связи (2.6) можно представить как (2.7):

$$S \underset{def}{\equiv} <A, R, Z, SR, \Delta T>. \quad (2.7)$$

В [229] указывается, что начиная с 1960-х гг. (У.Р. Эшби [230], Ю.И. Черняк [231]) принято при изучении систем учитывать и наблюдателя за системой, его парадигмальное целеполагание и язык L_N, который он использует для изучения свойств системы (2.8):

$$S \underset{def}{\equiv} <A, Q_R, R, Z, N, L_N >. \quad (2.8)$$

Итак, под *системой* обычно понимают множество компонентов (системных элементов), которые могут взаимодействовать друг с другом; в процессе этого взаимодействия выполняется некоторая системная функция. Практически любую систему, по причине наличия в ее составе большого числа системных элементов

(подсистем) можно рассматривать как сложную («Сложная система» (СС)), для которой характерен ряд отличительны черт.

Как указывает Л.А. Растригин [232, С. 15], отличительными чертами СС, как объекта управления, являются:

- нестационарность во времени и пространстве;
- сложность проведения наблюдений за изменением ее состояний;
- невоспроизводимость экспериментов с нею;
- отсутствие понимания ее алгоритма функционирования и полного математического описания;
- «нетерпимость» системы к управлению извне.

Любая сложная система обладает определенной структурой и формирует определенное устойчивое поведение. Для идентификации структур сообществ в сложных системах используется алгоритм М. Гирвана – М.Е. Ньюмена [233-234].

Поведение сложных систем основано всего на нескольких принципах: синергетики; эволюции развития; уникальности; слабопредсказуемости траектории развития; негэнтропийности или целенаправленности; наличия постоянной возможности выхода координат x_i за пределы трёх, десяти и даже двадцати сигм.

Вышеуказанные принципы предопределяют особенности поведения сложных систем. Во-первых, сложные системы стремятся адаптироваться к вызовам внешнего окружения, т.е. измениться таким образом, чтобы свести к минимуму эффект внешнего воздействия. Во-вторых, сложные системы, по причине неравновесности, стремятся к усложнению своей структуры (причем делают это скачком согласно законам диалектики). В-третьих, этот качественный скачок происходит в соответствии с базовыми закономерностями универсального эволюционизма.

К. Боулдинг в [235], рассматривая вопрос оценки сложности систем, представил девяти- уровневую шкалу системной сложности (таблица 2.1). К идеям К. Боулинга можно относиться по-разному, но нельзя отказать его классификации в определенность стройности и логичности.

Таблица 2.1 – Классификация систем по признаку системной сложности [235]

№№ уровня системной сложности	Отличительный признак системы определенного уровня сложности	Примеры систем, их отличительные особенности
1	Статическая структура	Расположение электронов в атоме; Атомная кристаллическая решётка
2	Простые детерминированные динамические системы	Механическое устройство; Солнечная система
3	Кибернетическая система; управляющий механизм	Система стремится к сохранению равновесия
4	Уровень открытой (самосохраняющейся) системы	Простая клетка
5	Уровень генетического сообщества	Растения. Возникает специализация клеток
6	Уровень животных	Животные с нервной системой. Система характеризуются целесообразным поведением
7	Уровень человека	Человек, для которого характерно самосознание, более сложное, чем самосохранение
8	Уровень социальной организации	Сообщество людей, сформированное по определенному признаку
9	Уровень трансцендентальных систем	Эти системы не поддаются анализу, но обладают структурой, свойствами и т.п.

Любая открытая система со сложной внутренней структурой может рассматриваться как сумма двух взаимодействующих подсистем – динамической (силовой) и информационной (управляющей) [236, С. 9]. Что касается вопроса управления сложными системами, то, как указывает А.А. Колесников в [236, С. 7-8]: «проблема поиска общих объективных законов управления сводится к максимальному учету естественных свойств соответствующей физической (химической, биологической) природы».

Системы принято классифицировать с учетом четырех признаков: размера и сложности; степени открытости; степени стохастичности / детерминированности; наличия или отсутствия у системы свободы воли.

Первый классификационный признак – признак размера и сложности. Обычно принято считать, что любая большая система уже является сложной [237-238]. Но, как отмечает А.Н. Тырсин [239] уже само терминологическое различие должно наводить на мысль о том, что это понятия разные. Об этом же в своих

работах говорят В.В. Кафидов [240] и Ю.И. Черняк [241]. Размер большой системы оценивается либо по числу подсистем, либо по числу иерархических ступеней [239, С. 7]. Число состояний простой системы двоично: работоспособное и состояние отказа. Отличие больших систем от малых в том, что они могут сохранять работоспособность (при условии снижения эффективности) даже в случае отказа отдельных элементов или даже целых подсистем.

Перегудов Ф.И. и Тарасенко Ф.П. [237] считают, что *большими* являются системы, моделирование которых затруднительно вследствие их размерности. По мнению Ю.И. Черняка [241]: «*большие системы – это системы, не наблюдаемые единовременно с позиции одного наблюдателя либо во времени, либо в пространстве*».

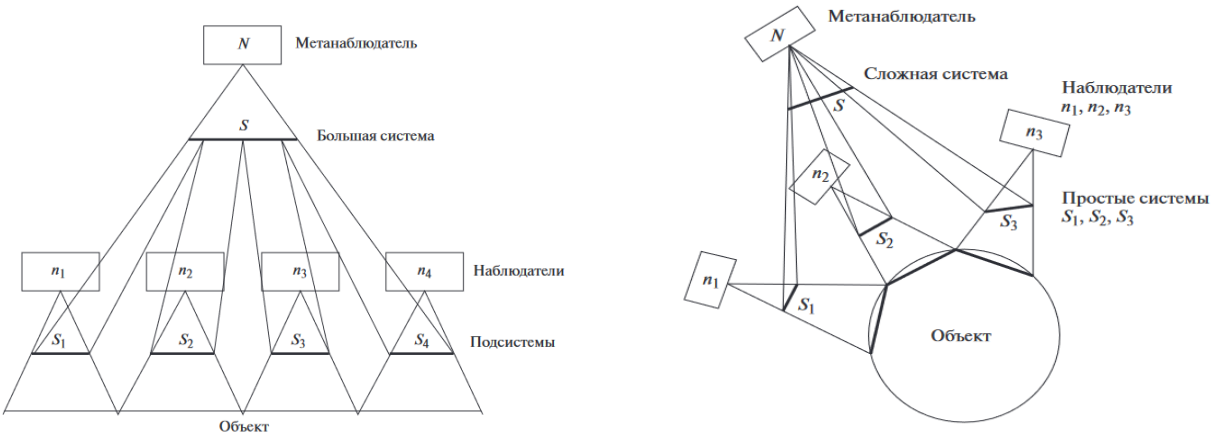
Понятие «*сложная система*» однозначно не определено до сих пор.

Согласно мнению Г.Н. Поварова [242] системы можно дифференцировать по критерию сложности, основанном на учете числа системных элементов:

- для сложных характерен набор элементов в количестве $N = 10^4 \ldots 10^7$;
- для ультрасложных число элементов $N = 10^7 \ldots 10^{30}$;
- для суперсистем число элементов достигает $N = 10^{30} \ldots 10^{200}$.

По мнению А.Н. Тырсина [239] классификационный подход Г.Н. Поварова [242] не является корректным, т.к. любой элемент системы также одновременно является системой, а значит возникают сложности в идентификации числа системных элементов. Также А.Н. Тырсин указывает, что «часто сложными системами называют системы, которые нельзя корректно описать математически, либо потому, что в системе имеется очень большое число элементов, неизвестным образом связанных друг с другом, либо неизвестна природа явлений, протекающих в системе» [239]. По мнению авторов [237] для эффективного управления сложной системой всегда недостаточно информации.

По мнению Ю.И. Черняка [241] признак сложной системы – невозможность ее компоновки из некоторых подсистем. Известны схемы, с помощью которых Ю.И. Черняк [241] описывает разницу между большими и сложными системами (рисунок 2.1).



А). Большая система Б). Сложная система

Рисунок 2.1 – Признаки различия в построении больших и сложных систем по мнению Ю.И. Черняка [241]

Итак, к сложным можно отнести практически все системы, в которых участвуют люди. Причины этого много, важнейшими из них [243] являются три: неоднородность сложных социальных систем; разветвленность связей в них; отсутствие объективного подхода в науках об обществе.

Второй важный признак классификации систем – степень открытости. По этому признаку системы бывают *изолированные, закрытые и открытые*.

Для *изолированных систем* характерно отсутствие обмена с внешней средой энергией и веществом. В изолированных системах невозможны процессы самоорганизации и фиксируется постоянный рост энтропии.

Для *закрытых* систем возможен обмен с внешней средой энергией, но не веществом. Для *открытых систем* характерно наличие возможности обмена с окружающей средой веществом и энергией.

Все биосистемы, социальные и социально-технические системы относятся к классу открытых [244].

Третий классификационный признак систем – степень их стохастичности / детерминированности.

Для *детерминированных* систем характерна однозначность изменения их состояния во времени согласно законам, описывающим переходы отдельных элементов и в целом системы из одних состояний в другие. Законы эти достоверно

известны. Процессы функционирования детерминированных систем можно спрогнозировать со 100-%-ной достоверностью.

Стохастические (вероятностные) системы – это системы, поведение однозначно спрогнозировать невозможно. Для стохастических систем имеется широкий набор вероятностных сценариев преобразования состояний системы во времени и пространстве. Примером вероятностной систем может быть любая социо-техническая система.

Четвертый классификационный признак систем – наличие у системы свободы воли. По этому признаку системы дифференцируются на *самоорганизующиеся* и *организованные*. *Для самоорганизующихся систем* характерно наличие способности к адаптации (т.е. к изменению структуры и, частично, функционала) при изменении условий внешней среды. Для *организованной системы* характерны дифференциация системных элементов, определены взаимосвязи между ними, определена системная цель.

Переходя к следующему разделу, отмечу, что *система ОБДД* (любого уровня) является *сложной, открытой, стохастической и самоорганизующейся*.

2.2. Системы ОБДД: общее понятие, уровни. Система ОБДД, как яркий пример сложной, открытой, стохастической и самоорганизующейся системы

Общепринятое, в том числе на уровне закона, определение понятия безопасности дорожного движения (БДД) формулируется следующим образом: *«Безопасность дорожного движения (БДД) – состояние транспортного процесса, отражающее степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий»* [1].

Для идентификации понятия «Система ОБДД» может быть использовано следующее определение: «*Система обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) – объективное единство закономерно связанных друг с другом и находящихся в отношениях системных элементов, целевой функцией которого является обеспечение защищенности жизни и здоровья участников дорожного движения в пространстве и времени».*

Как указывают в своей работе В.И. Майоров и С.В. Полякова [245]: «несмотря на довольно частое использование понятия «система обеспечения безопасности дорожного движения» (далее – система ОБДД) в научной литературе, законодателем данная категория не определена». Далее эти же авторы, ссылаясь на Ю.Н. Калюжного [246], объясняют, что «система обеспечения безопасности дорожного движения представляет собой субъективное понятие, ее нельзя пощупать и в общем виде посмотреть, ее структура не определена и не конкретизирована отдельным нормативным правовым актом, а представляет собой совокупность научных подходов, сформированных в методологии права».

Системы ОБДД классифицируют на федеральную, региональные и муниципальные (городские).

Функционал системы ОБДД федерального уровня – разработка стратегии совершенствования БДД в стране, для чего государственные органы власти разрабатывают общегосударственные целевые программы по БДД, определяют необходимую для их реализации финансовую политику.

Для региональных систем ОБДД характерен уровень реализации общегосударственных мероприятий в сфере ОБДД с учетом территориальных условий природного и производственного характера.

Целью деятельности муниципальных (городских) систем ОБДД является конкретная практическая работа, направленная на формирование безопасных моделей поведения участников дорожного движения и создание необходимых условий для безопасного функционирования автотранспортной системы города.

Характеризуя систему ОБДД в целом, надо указать, что данная система обладает всеми необходимыми системными признаками. И все же, даже, несмотря на уже сложившиеся подходы, требуется конкретизировать набор системных элементов в рамках понятия «система ОБДД» и системных связей (отношений) между ними. Ниже сделана попытка решить эту задачу.

За основу построения упрощенной структуры системы ОБДД взят известный подход с использованием известной четырехэлементной системы «ВАДС» или «ЧАДС» [164] (рисунок 2.2). Совершенствуя данный подход, конкретизируем

факторы влияния на эту систему. Особо необходимо уточнить понятие «Внешней среды», в рамках которой функционируют автотранспортные системы и системы, обеспечивающие их жизнедеятельность (в том числе и система ОБДД).

В целом под «Внешней средой» автор понимает сочетание факторов двух больших групп, в первую из которых входят природно-климатические и сезонные условия функционирования транспортной системы; вторая характеризуется сочетанием целого ряда факторов, определяемых социально-экономическим статусом страны и связанными с ними персональными и коллективно-культурологическими факторами. И все же конкретизируем состав этих факторов.

В частности, по мнению автора, в рамках внешней среды необходимо различать следующие основные группы факторов влияния на БДД:

- Факторы общей государственной организационно-властной политики, регламентирующей функционирование транспортной системы;
- Коллективно-культурологические факторы, задающие типичные нарративы транспортного поведения участников дорожного движения;
- Факторы внешней социально-экономической ситуации;
- Факторы природно-климатических и сезонных условий функционирования транспортной системы;
- Персональные факторы, характеризующие поведение участника ДД.

На рисунке 2.3 представлен авторский вариант факторного пространства системы ОБДД с позиции влияния факторов на дорожно-транспортную аварийность.

Оценить степень влияния каждого из них на БДД крайне затруднительно, прежде всего по причине принадлежности системы ЧАДС и сопряженной с ней системы ОБДД к классам *сложных, открытых, стохастических и самоорганизующихся*.

В [69] представлена схема (рисунок 2.4), отображающая иерархию уровней управления БДД в РФ. На каждом из этих уровней решается множество задач, связанных общей целью и способствующих повышению БДД (рисунок 2.4).

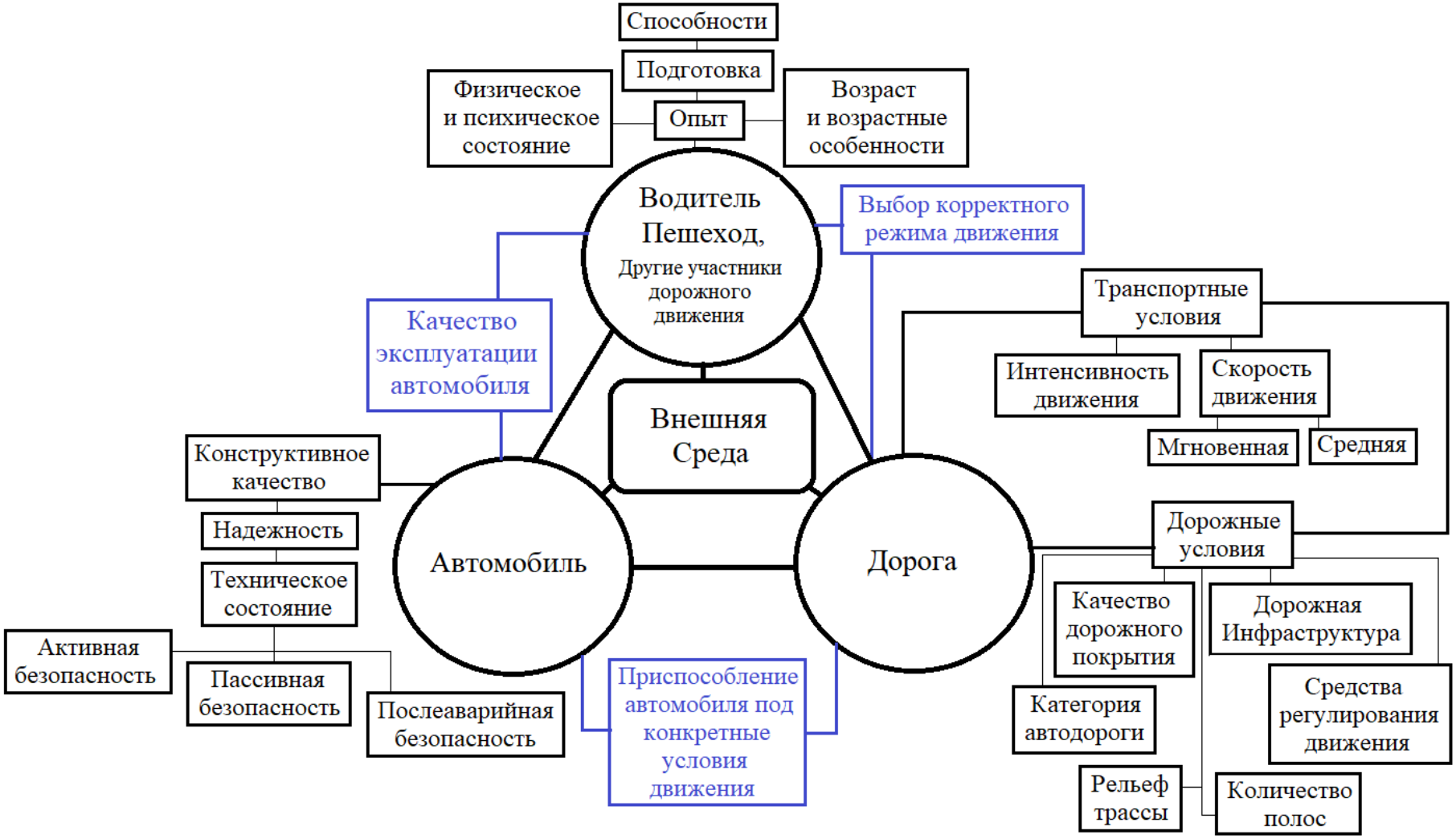


Рисунок 2.2 – Упрощенный вариант структуризации системы «ВАДС» («ЧАДС») и основные связи между элементами системы (авторская разработка)

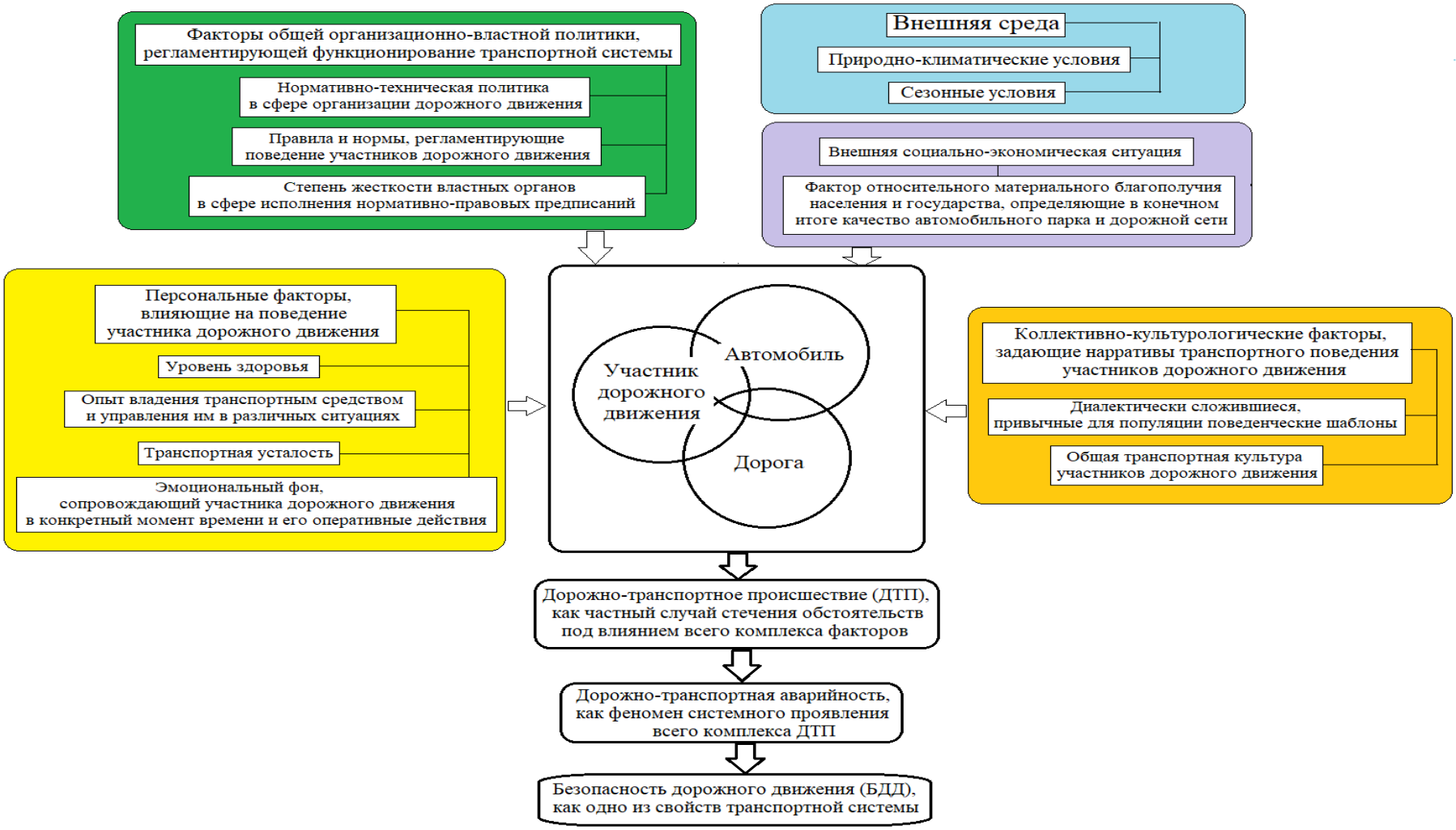


Рисунок 2.3 – Факторное пространство системы ОБДД. Влияние факторов на дорожно-транспортную аварийность (авторская разработка)



Рисунок 2.4 – Схематичное описание уровней управления БДД [69, с. 23]

Например, с позиций совершенствования инфраструктуры дорожно-транспортной сети (2 уровень управления БДД), необходимо постоянно проводить мониторинг эффективности и искать пути наиболее значимого влияния на БДД сооружений-элементов обустройства автомобильных дорог. Делать это необходимо в рамках закона (1 уровень) путем обеспечения оперативной деятельности (3 уровень).

Система ОБДД является лишь частью системы более иерархически высокого уровня – социально-технической «Человек – Автомобиль – Дорога – Среда» [164]. Статистика [168] дорожно-транспортной аварийности позволяет утверждать о главенстве в этой квадриде человеческого фактора. В последние годы около 87-89 % ДТП происходит по причине нарушения людьми требований Правил дорожного движения (ПДД) или правил эксплуатации транспортных средств, инфраструктурных объектов [168]. Часто дорожно-транспортную аварийность провоцируют недостатки эксплуатационного содержания дорожно-транспортной инфраструктуры (рисунок 2.5), однако это не главная причина аварийности.

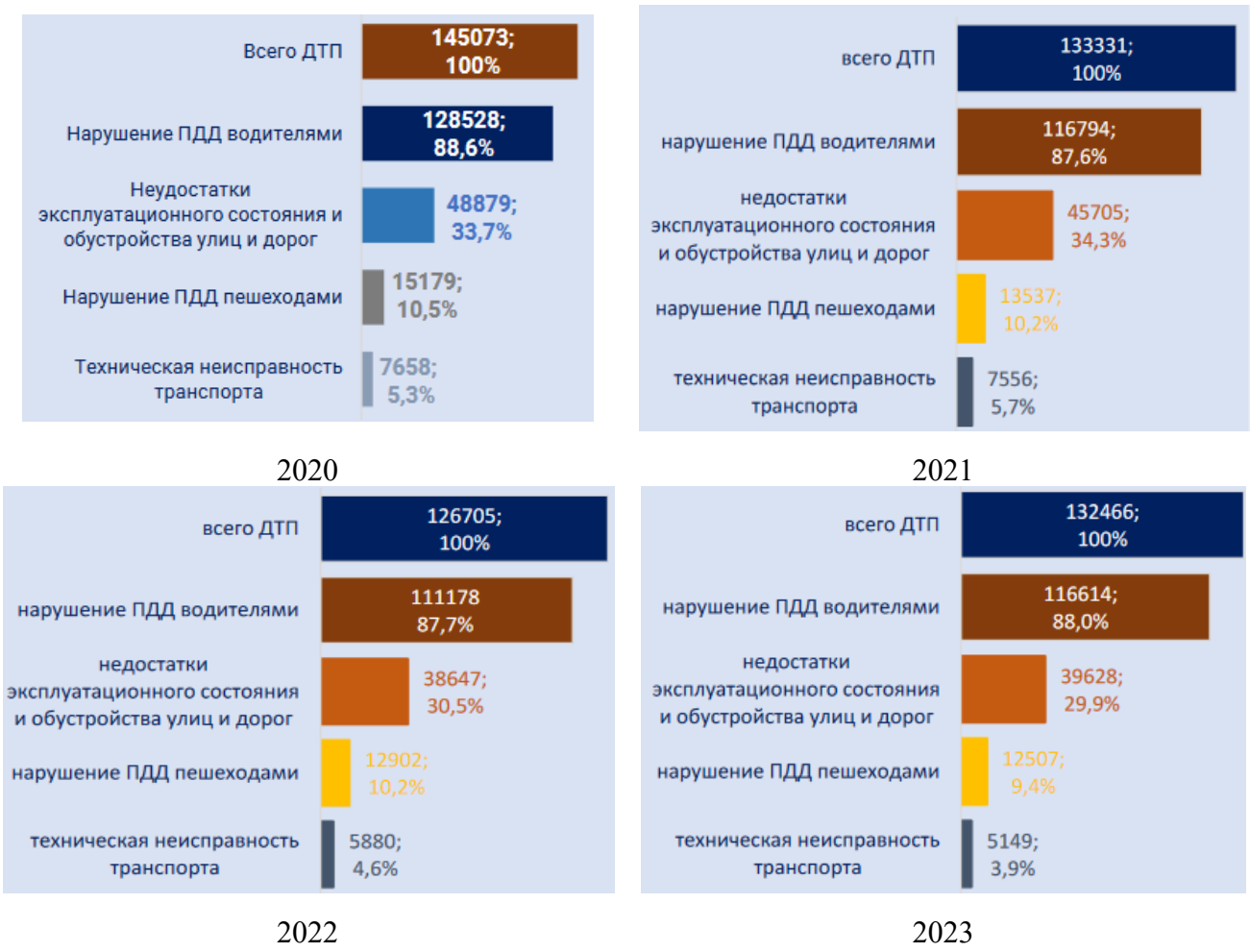


Рисунок 2.5 – Распределение причин дорожно-транспортной аварийности [168]

По мнению В.И. Коноплянко [43-44] основные причины дорожно-транспортной аварийности можно классифицировать следующим образом:

- несоблюдение требований ПДД участниками движения;
- применение водителями небезопасных приемов управления транспортными средствами;
- недостаточный учет водителями негативных условий внешней среды;
- снижение работоспособности водителей вследствие усталости и плохого самочувствия;
- ряд других, связанных с влияние на поведение водителей и других участников дорожного движения факторов, в частности, дорожных факторов, факторов неудовлетворительного технического состояния транспортного средства и неудовлетворительных форм организации дорожного движения.

Большая часть причин аварийности в той или иной степени приходятся на долю Человека – участника дорожного движения – и являются следствием низкого уровня профессиональной подготовленности, небрежности, легкомысленности и т.п. причин, зависящих именно от Человека. Влияние на БДД других групп факторов сложнее по природе оценки, и, несмотря на то, что это управляемые факторы, управлять ими весьма сложно. Это требует серьезного ресурсообеспечения [126-128] и это не всегда возможно.

Рассмотрим те причины дорожно-транспортной аварийности, которые связаны именно с Человеком. Здесь необходимо различать уровни причинности. Существует два принципиально различных уровня причинности – индивидуальный и общественный. Если с индивидуальным уровнем причинности аварийности все более-менее понятно (неадекватные дорожно-транспортной ситуации конкретные действия конкретного участника дорожно-транспортной ситуации переводят ее в статус опасной и, возможно, аварийной [22, 23-25]), то с уровнем общественным, все значительно интереснее.

Состояние общества описывается множеством характеристик и оценить его параметрически очень сложно [181-182]. Тем не менее, такие попытки делаются с той или иной степенью успешности [183]. Ниже представлена попытка рассмотреть эту причинность на уровне причинно-следственных связей.

В [203] представлена цепочка причинно-следственных связей между благосостоянием людей и уровнем и особенностями проявления автотранспортной аварийности. Данную причинно-следственную цепочку необходимо несколько скорректировать и представить в виде схемы рисунка 2.6. Между начальными (Экономическая мощь государства / Уровень развития общественных институтов) и конечным блоками (Фактические показатели дорожно-транспортной аварийности) этой цепочки объективно существует и работает множество других блоков, каждый из которых представляет сложнейшие сложные системы.

Итак, существуют сотни и тысячи внешних факторов, в той или иной степени определяющих в конечном итоге фактический уровень дорожно-транспортной аварийности в стране.

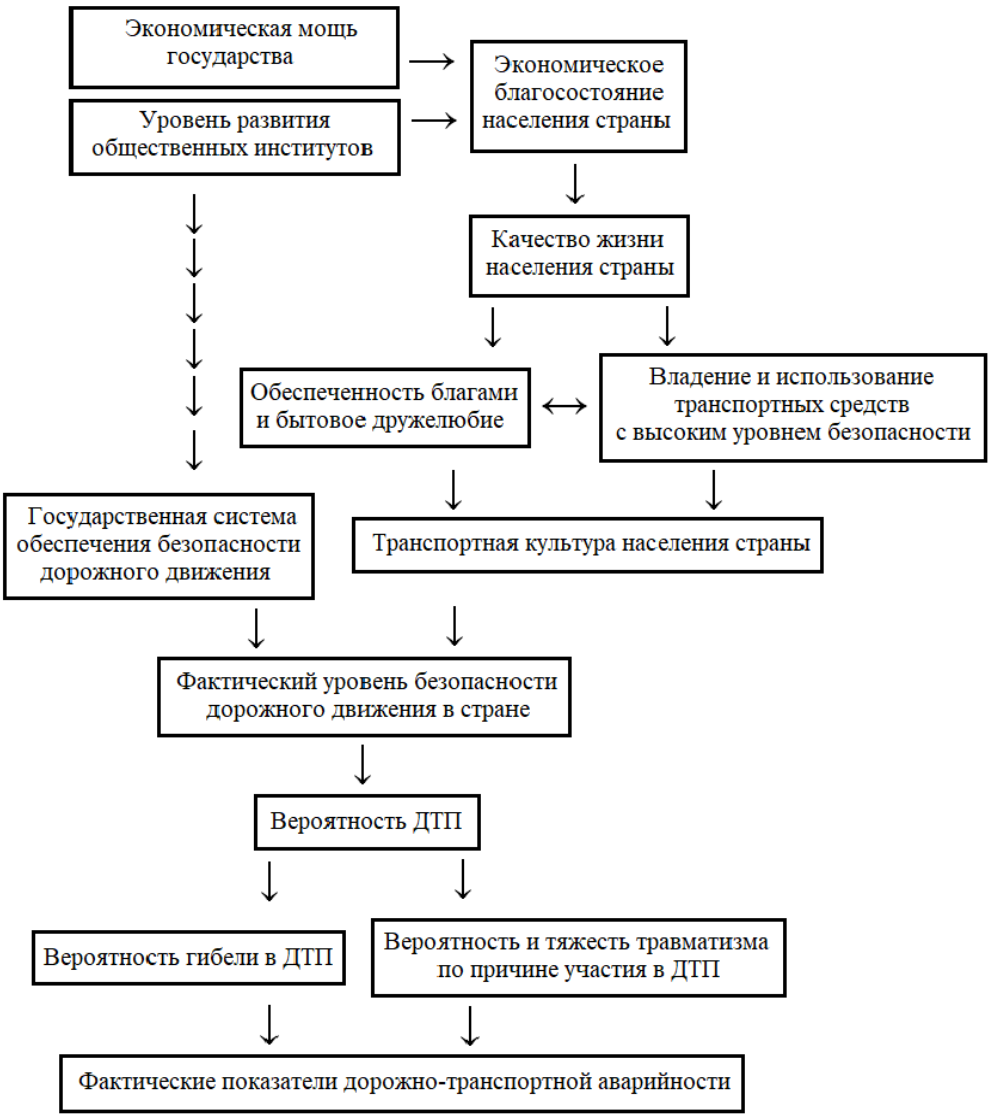


Рисунок 2.6 – Причинно-следственная цепочка формирования дорожно-транспортной аварийности, представленная с позиций общественного уровня причинности (авторская разработка)

Ровно те же выводы можно сделать и о частях целого, т.е. о влиянии факторного пространства на дорожно-транспортную аварийность в регионах, районах, городах страны, как составных частях единого государства.

Разумеется, несмотря на все попытки и самое серьезное старание представителей государства выстроить единую государственную систему управления и, как результат этого управления, ОБДД в стране, сделать это чрезвычайно сложно. Причин этого сразу несколько. Во-первых, как было указано ранее, несмотря на целенаправленность, сложные системы всегда характеризуются слабой предсказуемостью траектории развития. Во-вторых, для сложных систем

характерно свойство «нетерпимости» к управлению. Следствием влияния этих причин являются серьезные сложности в решении задачи повышения общего уровня БДД.

2.3. Организационные структуры, обеспечивающие безопасность дорожного движения: уровни, элементы и межэлементные связи. Проблема данных, необходимых для качественного управления БДД

В диссертации В.Д. Кондратьева [41] приведена схема организационная система управления ОБДД, сложившаяся в России к 2005 г. (рис. 2.7).

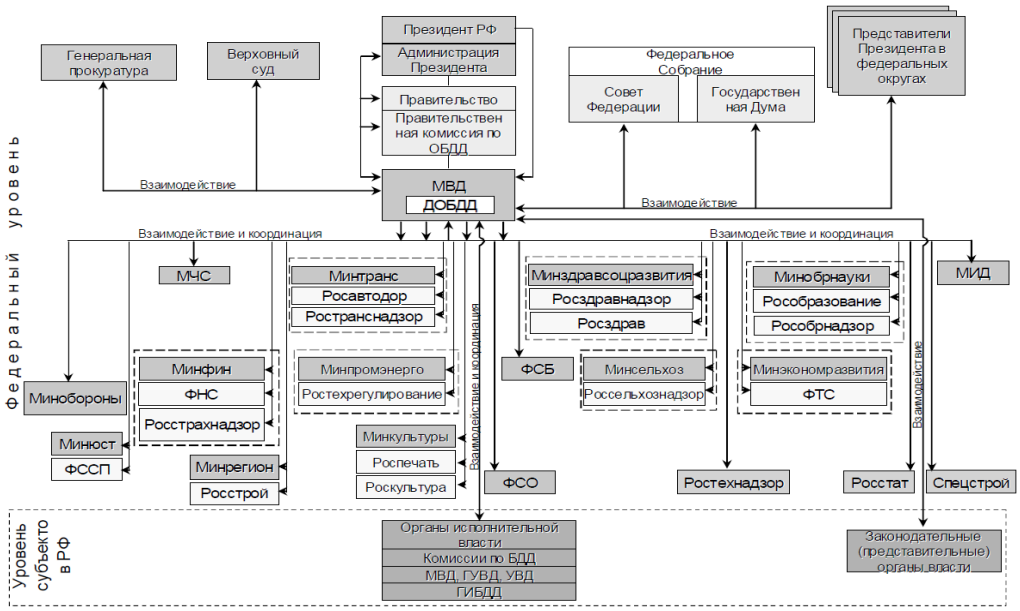


Рисунок 2.7 – Организационная система управления
в области обеспечения безопасности дорожного движения [41]

Можно отметить, что чрезмерное вовлечение в организационную структуру десятков Министерств и ведомств и необходимость обеспечения между ними устойчивых и работоспособных внутрисистемных связей сопряжено с большими проблемами. Все эти ведомства (рисунок 2.7), выполняя свои функционалы, не способны обеспечить качественные взаимодействия, что заставляет сомневаться в высокой эффективности этой организационной структуры.

Структурно-функциональная модель ОБДД, ныне используемая в России, представлена на рисунке 2.8 [153].

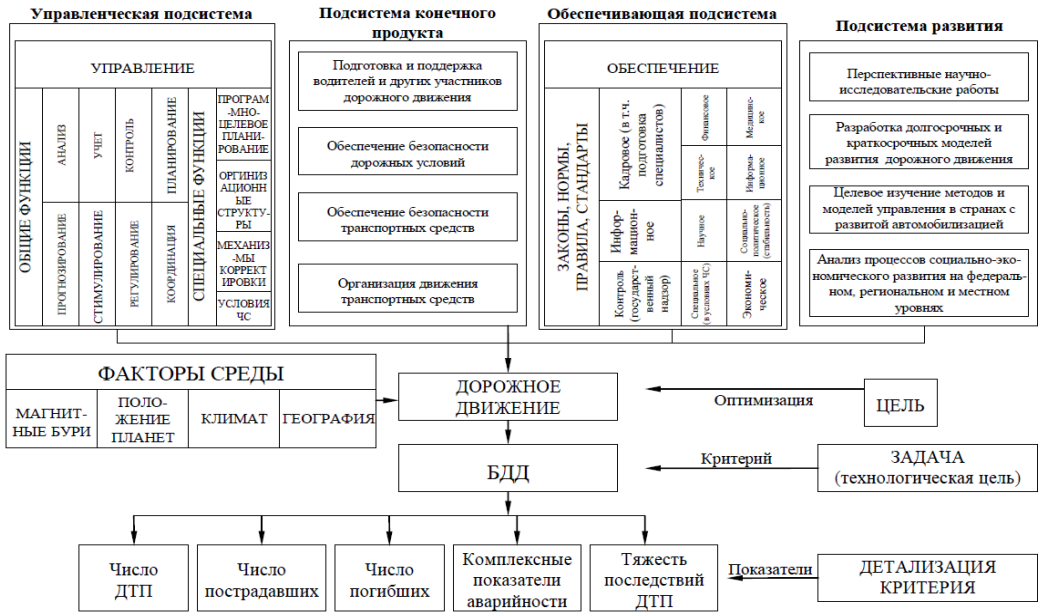


Рисунок 2.8 – Структурно-функциональная модель ОБДД [153]

Для данной структурно-функциональной модели ОБДД характерен более высокий уровень системности, однако и она не лишена недостатков.

В работах [247-248] также представлен широкий круг вопросов, связанных прямо или косвенно с управлением БДД; здесь же представлена авторская структура органов управления БДД (рисунок 2.9).

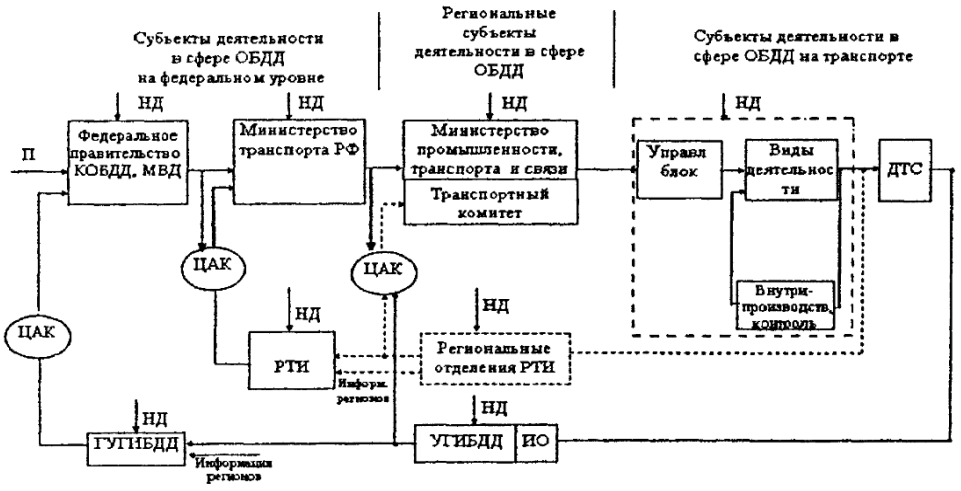


Рисунок 2.9 – Структура государственного управления БДД [247]

Касаясь вопросов, связанных с зарубежной аналитикой по данному вопросу, надо отметить, что еще в 1925-1930 гг. мир познакомился с концептуальным подходом *3E* (инженерия или *Engineering*, правоприменение или *Enforcement*, образование или *Education*).

Пожалуй, в наибольшей степени заслуживают внимания усилия в направлении системного изучения проблематики БДД, предпринятые в 1993 г. в Чили специально созданной организационным комитетом CONASET [249]. Эта организация привлекла к работе над созданием Программы системного управления БДД 123 различных специалиста. Они, пользуясь методологией проектирования социальных систем, разработанной A. Del Valle в 1992 г. [250], разработали научный подход, названный Road Safety System (Система безопасности дорожного движения). Его основная суть – в групповой классификации (всего 9 групп) элементов системы ОБДД, без которых эта система становится неполной и, по сути, неработоспособной. Предполагается, что программная реализация отдельных элементов этой системы не способна в полной мере решать задачи ОБДД. Только полный набор этих элементов составляет целое (рисунок 2.10).

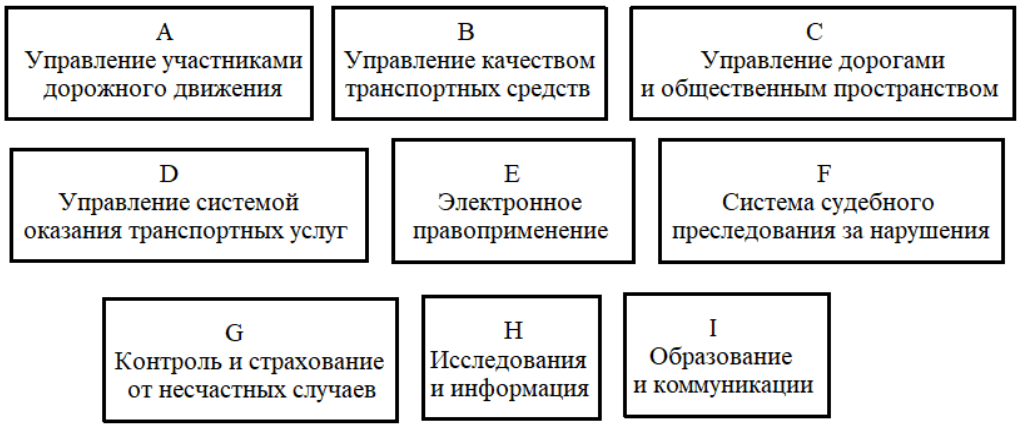


Рисунок 2.10 – Структурные элементы системы ОБДД [249]

Ниже, в таблице 2.2, представлены основные подходы к сути мероприятий в рамках каждой из 9 групп элементов системы ОБДД. Каждое из вышеуказанных мероприятий связано множеством системных связей с другими мероприятиями. Проведение же мероприятий может быть организовано с разным уровнем качества.

Таблица 2.2 – Групповые мероприятия, выполнение которых необходимо для системного обеспечения высокого уровня БДД [249]

Групповой номер	Мероприятия соответствующих групп научного подхода Road Safety System [249]
1	2
Группа А – Управление участниками дорожного движения	
A-1	Высококачественная подготовка профессиональных водителей категорий C, D, E.
A-2	Качественное обучение непрофессиональных водителей категорий A и B.
A-3	Объективное экзаменационное тестирование обучающихся на право вождения.
A-4	Качественная подготовка инструкторов по вождению.
A-5	Государственное лицензирование преподавателей автошкол.
A-6	Государственное лицензирование экзаменаторов-практиков.
A-7	Госнадзор за автошколами.
A-8	Постоянная аттестация водителей.
Группа В – Управление качеством транспортных средств	
B-1	Конструирование автомобилей с высоким уровнем технических характеристик.
B-2	Разработка и продвижение спецоборудования систем обеспечения безопасности.
B-3	Осуществление сертификации новых транспортных средств (ТС).
B-4	Внедрение государственной системы проведения технического осмотра ТС.
B-5	Осуществление госнадзора за осмотром ТС.
B-6	Осуществление госнадзора за ремонтными мастерскими.
B-7	Постоянное обучение механиков, повышение их квалификации.
Группа С – Управление дорогами и общественным пространством	
C-1	Высокопрофессиональные подходы к управлению дорожным движением.
C-2	Корректная профессиональная расстановка дорожных знаков и разметки.
C-3	Постоянное проведение работ по аудиту БДД.
C-4	Идентификация причин повышенной аварийности в «Черных точках».
C-5	Осуществление технического обслуживания систем ОБДД.
C-6	Поиск новых вариантов внедрения элементов ОБДД.
C-7	Организация зон отдыха для водителей и автобусных остановок.
C-8	Проектирование, сооружение и эксплуатация пешеходной инфраструктуры.
C-9	Проектирование, сооружение и эксплуатация велосипедной инфраструктуры.
C-10	Корректное планирование землепользования.
Группа D – Управление системой оказания транспортных услуг	
D-1	Совершенствование системы оплаты труда.
D-2	Совершенствование условий работы соответствующего персонала.
D-3	Проведение постоянной аттестации персонала.
D-4	Совершенствование организации перевозки опасных грузов и их укладки.
D-5	Совершенствование организации пассажирских перевозок.
Группа Е – Применение электронного правоприменения	
E-1	Принуждение водителей к безопасной эксплуатации автомобиля.
E-2	Принуждение к поддержанию требуемого уровня безопасности ТС.
E-3	Принуждение к поддержанию автодорог к нормативном состоянии.
E-4	Государственная инспекция транспортных служб предприятий.
E-5	Обеспечение безопасности пешеходов.
Группа F – Система судебного преследования за правонарушения	
F-1	Совершенствование судебного преследования за нарушения в сфере БДД.

Окончание таблицы 2.2

1	2
F-2	Создание и внедрение эффективных систем предупреждения нарушений.
F-3	Изменение законодательства в соответствии с вызовами времени.
F-4	Обеспечение корректного расследования причин и механизма ДТП.
F-5	Обеспечение гражданской ответственности государства.
Группа G – Контроль и страхование от несчастных случаев	
G-1	Организация специализированных комплексных аварийно-спасательных систем.
G-2	Организация комплексной системы реабилитации пострадавших в ДТП.
G-3	Организация выплат страховых покрытий ущерба от ДТП.
Группа H – Исследования и информация	
H-1	Разработка и внедрение интегрированных информационных систем.
H-2	Создание и ведение реестра водителей-нарушителей.
H-3	Создание и ведение реестра транспортных средств – участников ДТП.
H-4	Создание и ведение реестра ДТП.
H-5	Сбор и анализ информации о пользователях – участниках ДТП.
H-6	Создание и ведение регистра превентивных показателей.
H-7	Создание и ведение реестра инструкторов и экзаменаторов.
H-8	Разработка и внедрение совершенных методик исследования причин ДТП.
Группа I – Образование и коммуникации	
I-1	Разработка высококачественных учебных планов для автошкол.
I-2	Качественная подготовка преподавательских кадров для автошкол.
I-3	Качественная подготовка соответствующих дидактических материалов.
I-4	Проведение работ по защите учащихся в автошколах.
I-5	Проведение информационных кампаний.

Итак, возникают сотни различных внутрисистемных отношений, сила влияния которых на итоговый уровень БДД может варьироваться в широком диапазоне. Можно ли исследовать их в полной мере? Скорее нет, чем да. В этой связи, В.Э. Клявин [33, с. 43] предлагает использовать экспертную систему управления БДД (рисунок 2.11).

Но и система, основанная на привлечении экспертов и учете их опыта, в обязательном порядке содержит базу данных и базу знаний. А это, в понимании В.Э. Клявина, не только подробные данные, которые необходимо собирать и обобщать сотрудникам подразделений Госавтоинспекции РФ (рисунок 2.12), но и создавать некую базу знаний (рисунок 2.13), служащую основой для создания экспертной системы для генерации решений по повышению уровня БДД. Госавтоинспекция МВД РФ приступила к созданию больших информационных массивов в 2015 г. [151]. Что происходит с обработкой этих данных и каковы результаты их вывода на уровень технологий Big Data – пока не ясно.



Рисунок 2.11 – Схема обобщённой экспертной системы управления [33, с. 43]

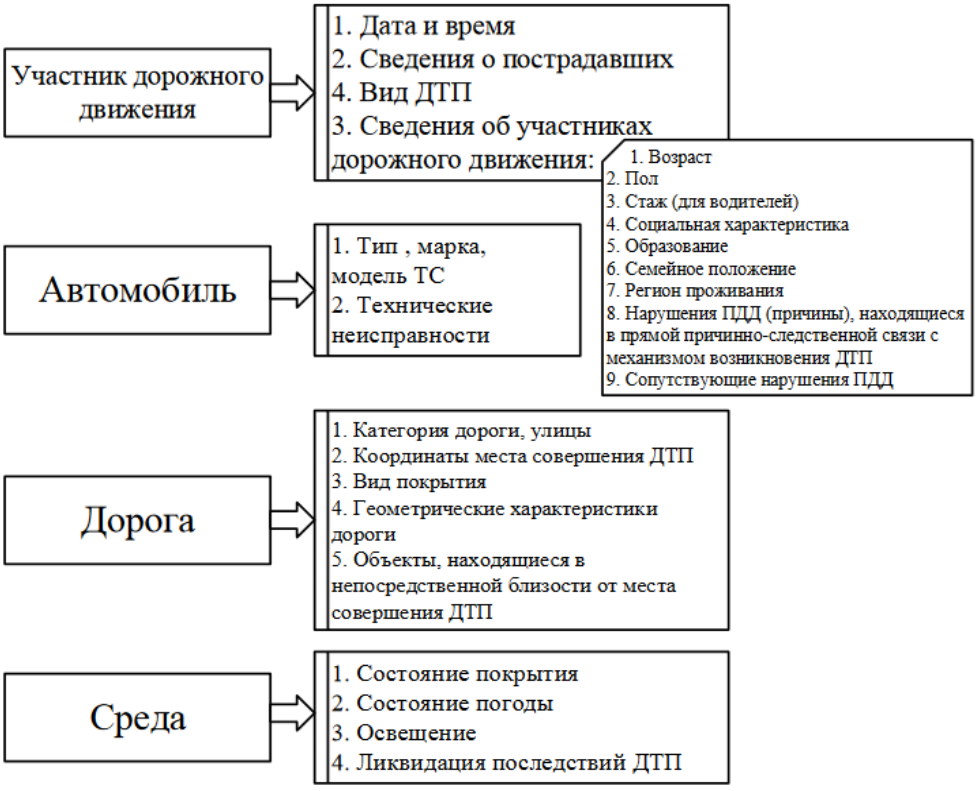


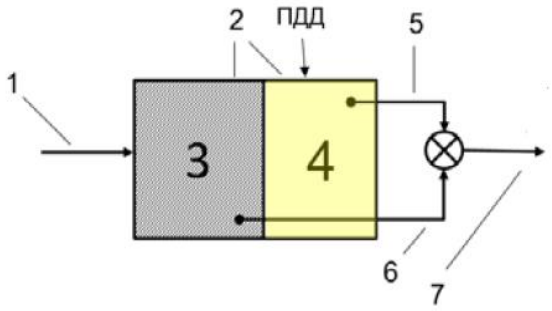
Рисунок 2.12 – Мнение В.Э. Клявина [33, с. 45] о наборе данных, которые необходимо учитывать органами ГАИ МВД РФ



Рисунок 2.13 – Мнение В.Э. Клявина [33, с. 46] о структуре базы знаний экспертной системы

По данным П.А. Кравченко [54] успех вклада каждого из 56 мероприятий научного подхода Road Safety System к ОБДД [250] в итоговые результаты, связанные со снижением дорожной аварийности, определяется множеством факторов их число может достигать тысячи и более. Разумеется, для повышения результативности системы необходимо контролировать влияние различных факторов на итоговые выходные характеристики состояния системы, а для этого важно знать и использовать в практической работе закономерности их влияния на систему и ее состояние. Возможно ли это? Определенно ответить на этот вопрос весьма сложно. Но, тем не менее, ясно, что для этого необходимо уметь измерять, оценивать и хранить в базах данных миллионы терабайт информации, комплексно описывающей состояние транспортной системы. Впервые эта идея в нашей стране была представлена в статьях ученых Санкт-Петербургской школы БДД (научный руководитель – П.А. Кравченко). В работах П.А. Кравченко и его соавторов [52-59] приведены весьма революционные идеи контроля за функционированием систем ОБДД. В работах П.А. Кравченко, А.М. Плотникова, Е.М. Олещенко [57-58]

представлена диалектика изменения научно-методических подходов к организации управления БДД в стране, от самых первых (концепция «черного ящика» – рисунок 2.14) до последних (концепция «полной наблюдаемости системы» – рисунки 2.15…2.16).



1 и 7 – входной ($X_{вх.}$) и выходной ($X_{вых.}$) сигналы;

2 – система управления БДД, состоящая из двух подсистем: общего управления (3) и управления дорожнымо движением (4);

5 – причины ДТП, зависящие от ошибок в управлении дорожным движением;

6 – причины ДТП, зависящие от ошибок в организации процесса управления БДД.

Рисунок 2.14 – Концепция «черного ящика», как элемент весьма несовершенной системы контроля за состоянием БДД [58]

В процессе развития идеологии полной наблюдаемости системы П.А. Кравченко и его коллеги [52-59] прошли большой диалектический путь в плане ее развития от изучения структурно-функциональных систем в целом до разработки структурно-функциональной модели государственной многоканальной, иерархической системы управления БДД. Если характеризовать итоговый вариант предложений П.А. Кравченко и его коллег [52-59] по совершенствованию системы ОБДД, то это, по сути, перевод системы в полностью контролируемый процесс – как в авиации – требующий контроля над действиями всех участников ДД и реализации этого контроля применительно к каждому маломасштабному элементу большой сложной системы ВАДС (ЧАДС) посредством различных вариантов ИТС.

Используя типовую структуру моделей функциональной организации управляемой деятельности любого вида как основу, П.А. Кравченко и его коллеги разработали функциональную структуру системы ОБДД в транспортно-технологических системах [58]. На рисунке 2.15 представлена типовая структура моделей функциональной организации управляемой деятельности любого вида. На рисунке 2.16 представлена детализированная структурно-функциональная модель государственной многоканальной, иерархической системы управления БДД [58].

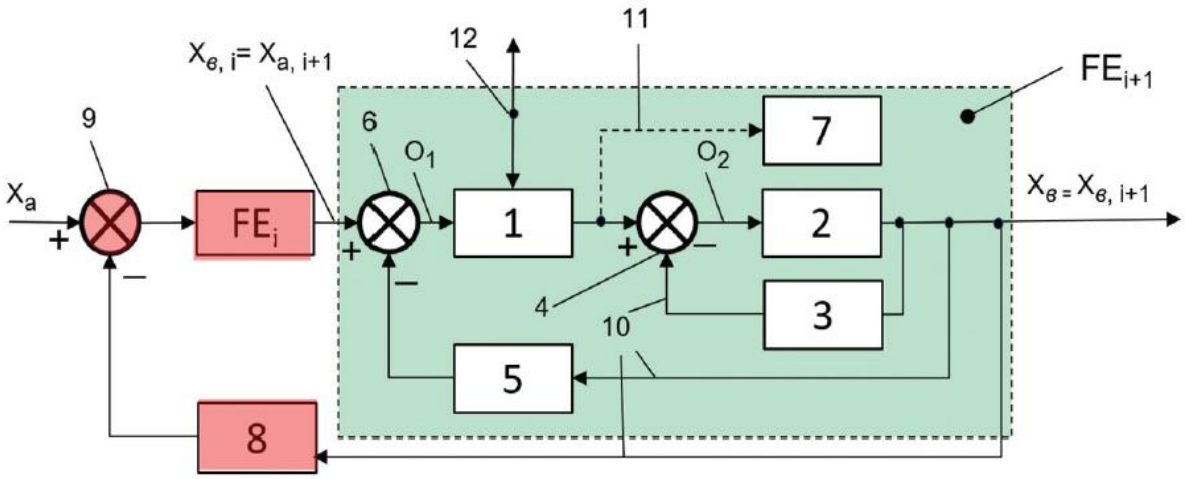


Рисунок 2.15 – Типовая структура моделей функциональной организации управляемой деятельности любого вида, реализуемой в системе ОБДД [58]

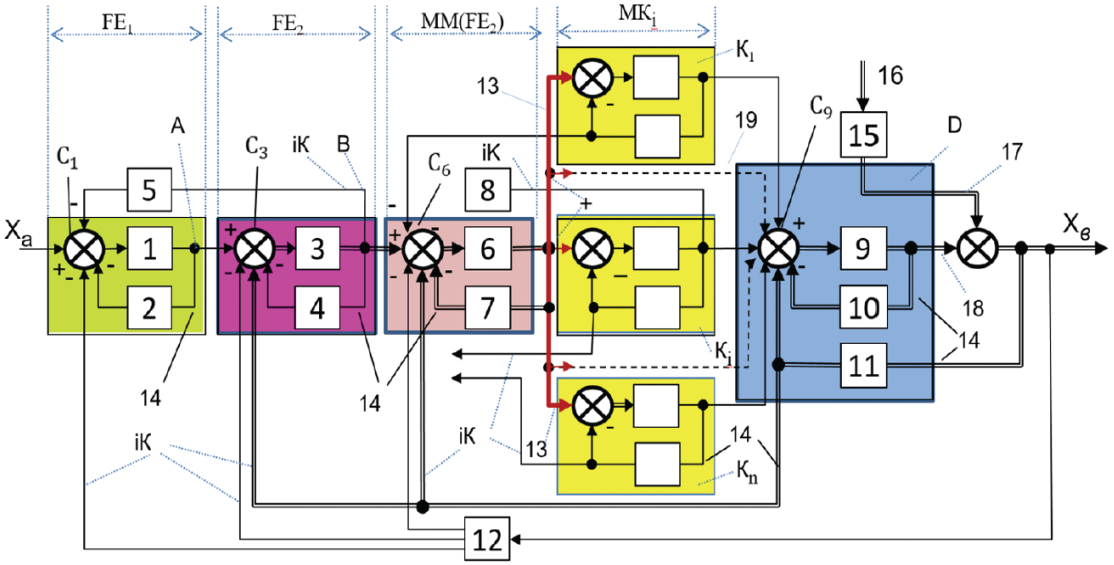


Рисунок 2.16 – Структурно-функциональная модель государственной многоканальной, иерархической системы управления БДД [58]

На этой достаточно сложной схеме (рисунок 2.16) модели государственной системы управления БДД представлены многообразные блоки функциональных элементов (блоки 1…10), блок мониторинга дорожного движения (блок 11), блок обработки информации (блок 12), целеполагающие сигналы множества федеральных Министерств (блок 13). Обозначения 14 соответствуют каналам обратной связи в управлении БДД. Шифры 15 и 16 идентифицируют, соответственно, участников дорожного движения и нормативные документы,

регламентирующие процессы ОБДД (ПДД, КоАП). Шифры 17 и 18 соответствуют причинам ДТП, зависящим от ошибок в организации процесса управления БДД и в управлении дорожным движением.

Касаясь тематики использования в управлении процессами ОБДД технологий Big Data, необходимо четко понимать, какие массивы информации для этого потребуются [33].

2.4. Поиск научно-методических подходов к идентификации особенностей состояния и развития сложных систем. Аргументация выбора варианта энтропийного моделирования

Для любого исследователя есть два важнейших вопроса – формализация цели, постановка исследовательской задачи и выбор методологии, позволяющей решить эту задачу. Итак, *цель – конечный результат, на достижение которого преднамеренно направлен процесс* [251]. Суть понятия цели весьма противоречива. Как указывается в [252] противоречие цели определяется необходимостью быть как побуждением к действию, «опережающей идеей», так и одновременно – материальным воплощением этой идеи. Общеизвестно [253-254], что главной целью науки является установление объективно существующих закономерностей, идентификация их и описание, формализация на уровне моделей.

Модель – материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные его черты [255, С. 11].

Путей формализация искомых закономерностей на уровне моделей – множество. Основные из них с позиций оценки степени абстрагирования модели от оригинала – материальные (физические) и абстрактные (математические) [256].

По методу исследования математические модели дифференцируются на четыре класса [257]: *аналитические*, позволяющие получить решение уравнения, описывающего состояние изучаемой системы или процесса, в явном виде, используя известный математический аппарат; *численные*, характеризуемые зависимостью общего вида; *игровые*, предполагающие наличие стороннего

конфликтного противодействия целенаправленной деятельности; *имитационные*, основанные на алгоритмах изменения состояния системы под влиянием внешних и внутренних возмущений.

Как указано в [258] получение аналитических зависимостей для описания поведения сложных многокомпонентных, многокритериальных систем крайне затруднено. Более того, практически невозможно установить степень адекватности рассматриваемой задаче полученной аналитической модели, т.е. доказать правомерность ее применения.

Анализ представленных выше научно-методических подходов к идентификации особенностей состояния сложных систем позволил сделать следующие основные выводы:

· сложные системы и их поведение во времени и пространстве крайне сложно описать посредством использования аппарата математического или физического моделирования;

· попытки такого исследования могут быть предприняты на уровне изучения частных аспектов жизнедеятельности сложных систем, но не в целом всей системы;

· пожалуй, необходимо искать какие-либо другие способы описания характеристических особенностей состояния сложных систем.

Управление – род профессиональной деятельности, направленной на перевод управляемой системы из фактического состояния в желаемое (задаваемое целевыми установками управляющего субъекта) [259, 260].

Любая система, будучи весьма сложнопостроенной, т.е. содержащей множество взаимодействующих элементов с разнохарактерными связями, постоянно изменяется по форме, и, со временем, по содержанию.

В этой связи, термин «управление» может идентифицировать процесс поддержания системы в пределах конфигурации, обладающей малой вероятностью самопроизвольного возникновения [259-263].

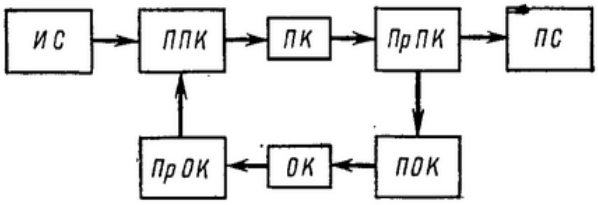
Как было указано ранее в [264], сложным системам присущ ряд особых свойств, среди которых важное место занимает отсутствие полного математического описания или алгоритма функционирования этих сложных

систем. А это значит, что сложные системы чрезвычайно сложно изучать и тем более описывать моделями различных типов. Все это заставляет задуматься над наличием объективной возможности моделирования процессов функционирования транспортной системы посредством привычных инструментов – физического, математического, имитационного моделирования. Далеко не всегда есть возможность проводить ресурсно-дорогие эксперименты по моделированию непосредственно дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Имитационное моделирование также имеет свои ограничения [265-266].

Успешное решение задач, реализующих достижение главной цели управления (перевода системы из фактического состояния в желаемое) возможно только тогда, когда производственные системные процессы классифицируются, систематизируются, соотносятся между собой в определенной иерархии. По сути, это становится возможным при повышении уровня организованности управляемой системы. Организованность системы может быть характеризована степенью приближения к оптимальному уровню в заданных условиях ряда показателей организации производственных и управленческих процессов. С учетом того, что для любой системы характерен жизненный цикл, можно сказать, что для неорганизованных систем он короче; такие системы быстрее разрушаются.

В работах специалистов по кибернетике [267-270] сформулированы основные признаки систем управления, которые отличают высокоорганизованные системы от слабоорганизованных. К ним относятся: детерминированность элементов системы; динамичность системы; наличие в системе управляющего параметра; наличие в системе контролирующего параметра; наличие в системе каналов (хотя бы одного) обратной связи.

В работе [271] представлена схема, иллюстрирующая важность канала обратной связи в кибернетической системе управления функционированием системы (рисунок 2.17). В.Н. Четвериков [271] особо акцентирует внимание на том, что без канала обратной связи система со временем будет искажать функционал и удаляться от заявленной цели движения.



ИС – источник сообщения;
ПС – получатель сообщения;
ППК – передатчик прямого канала;
ПК – прямой канал;
ПрПК – преемник прямого канала;
ПОК – передатчик обратного канала;
ОК – обратный канал;
ПрОК – преемник обратного канала.

Рисунок 2.17 – Структурная схема системы передачи информации с обратной связью [271]

Как указывает А.В. Шилейко [263, с. 18]: «среди нескольких возможных управляющих систем наиболее эффективной оказывается та, которая осуществляет качественное управление при минимальных затратах».

Возникает важный вопрос – что такое качественное управление? Для ответа на этот вопрос надо вспомнить второе начало термодинамики о том, что природа стремится к беспорядку (под которым обычно понимается отсутствие организованности). Почему так происходит? Любая система состоит из значительного по величине числа элементов, связанных между собой определенными отношениями (связями). Количественная величина числа взаимодействий между ними огромна; системные элементы находятся в постоянном движении – таково основное и главнейшее свойство материального мира – и предстают каждый раз в различных сочетаниях. Каждое отдельное сочетание по-своему неповторимо, поскольку вероятность его реализации исчезающе мала. К классу «порядок» относится значительно меньше сочетаний, чем к классу «беспорядок», вероятность случайного возникновения порядка значительно меньше, чем для случая беспорядка.

Элементы любой системы находятся в непрерывном движении и в связи с этим каждый раз соотносятся между собой в различных сочетаниях. При этом все состояния рассматриваемой системы равновероятны. Система является организованной тогда, когда она в течение достаточно длительного времени остается в пределах некоторой данной конфигурации. Состояние системы постоянно изменяется; система находится в постоянном движении. Однако, как

указывается в [263, С. 22]: «в организованной системе это движение происходит таким образом, что каждое новое состояние оказывается относящимся к той же самой конфигурации, что и предыдущее».

Степень организованности системы определяется вероятностью самопроизвольного нахождения системы в пределах этой конфигурации [261-262, 267, 272-276]. Это замечание можно отнести как природным системам [276], так и по отношению к человеку [162-163, 277]. В частности, Д. Клебельсберг в [162, С. 68] указывает, что «дисциплинированный водитель практически всегда пользуется однотипным набором физиологических методов контроля дорожной обстановки и механико-технологических приемов управления автомобилем». Об этом же, но другими словами и по отношению к психологии принятия решения, говорит Ю. Козелецкий [278-279].

В качестве величины, характеризующей вероятность нахождения какой-либо системы в пределах вполне конкретной конфигурации, представляется естественным выбрать величину, обратную вероятности самопроизвольного нахождения системы в пределах данной конфигурации [280-281]. Однако, величины, обратные вероятностям, умножаются, а не складываются, поэтому в качестве меры оценки степени организованности системы надо брать не величину, обратную вероятности, а логарифм этой величины – ведь логарифм произведения равен сумме логарифмов сомножителей [281-283].

Итак, за меру организованности какой-либо системы (оцениваемой в течение достаточно длительного времени в пределах данной конфигурации) необходимо принимать логарифм величины обратной вероятности того, что система самопроизвольно окажется в пределах данной конфигурации [281-283] (2.9):

$$S = - k \cdot ln(\rho) = k \cdot ln(\gamma), \qquad (2.9)$$

где ρ - вероятность нахождения системы в определенной конфигурации;
γ - количество способов реализации этой конфигурации;
k - постоянный коэффициент.

Эта же величина, но взятая с противоположным знаком была названа энтропией *H* [281-283], определяемой как (2.10):

$$H = k \cdot ln(\rho) = - k \cdot ln(\gamma) \quad (2.10)$$

Энтропия – это фундаментальное свойство любых систем с неоднозначным (вероятностным) поведением. Величина энтропии *H* соответствует вероятности конфигурации, в которой находится система [281-283]. Таким образом, рост энтропии любой системы соответствует второму началу термодинамики.

Как отмечает А.Н. Тырсин в [239, С. 14]: «Математическая модель должна совместить в себе все разнообразие элементов и связей сложной системы. <…> Формально сложными системами занимается системный анализ. Согласно общей концепции системного анализа, модель сложной системы должна учитывать общесистемные закономерности. Однако, несмотря на большое количество работ, сегодня так и не создано общей теории моделирования сложных систем».

Мнению А.Н. Тырсина вторят Г.Б. Клейнер и В.В. Налимов. Г.Б. Клейнер [284] отмечает: «Современный уровень развития математического моделирования практически не позволяет сколько-нибудь адекватно моделировать реальные объекты». В.В. Налимов [285] указывает, что лишь при ослаблении требований к его математическому описанию возможно моделирование с использованием аналитических моделей. Эти авторитетные мнения заставляют уделить особое внимание поиску инструментария моделирования сложных систем, адекватного как самой сложной системе, так и тому набору задач, что формулирует исследователь.

Б.С. Флейшман в [286] формулирует основные принципы системологии, к которым относятся непосредственно поиск и объяснение закономерностей посредством построения их моделей (т.е. теория должна состоять из простейших моделей нарастающей сложности).

Однако важно понимать, что «построенная таким образом теория будет страдать неизбежными принципиальными пороками: оценочным характером

простых моделей и неизбежным стохастическим характером выводов, достоверность которых будет определяться допустимой грубостью оценок» [287].

Итак, проблематика построения корректных моделей поведения сложных, открытых, стохастических и самоорганизующихся систем заставляет искать те направления исследования сложных систем, которые позволяли бы решать поставленные задачи системно и более менее адекватно. Как отмечает А.Н. Тырсин [239, С. 17], этому условию удовлетворяет энтропийное моделирование: «Энтропия является универсальным физическим параметром, позволяющим объединять различные проявления физического мира в единое целое, то есть служить общим знаменателем».

2.5. Исторический экскурс в развитие представлений об энтропии

Сегодня в литературе встречается упоминание о нескольких формах энтропии (термодинамической, информационной и структурной) [288].

В таблице 2.3 дана краткая характеристика различных видов энтропий.

Таблица 2.3 – Краткая характеристика различных видов энтропий [239, С. 17-19]

Признак	Энтропия		
	Термодинамическая	Информационная	Структурная
Авторы	Р. Клаузиус (1865) Л. Больцман (1872)	К. Шеннон (1948)	И.В. Прангвишвили и др. (1970-1980-е гг.)
Формула, формализующая понятие	$S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}$ (Р. Клаузиус) $S = k \cdot \log W$ (Л. Больцман)	$P(S) = -\sum_{i=1}^{m} p_i \log p_i$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$
Смысловое наполнение понятия «энтропия»	Каждое микросостояние – определенный вариант взаимодействия элементов системы между собой	Оценка неопределенности кодовой информации в каналах связи (в дискретном случае)	Мера неупорядоченности (неорганизованности) строения любой макросистемы

Исторически термодинамическая (или тепловая) форма энтропии была открыта первой. Лишь через 75…80 лет были реализованы новые – информационные – идеи представлений об энтропии. Еще через 10…20 лет, на

основе представлений об информационном аспекте энтропии, были разработаны представления об энтропии, как о мере структурного совершенства энтропии.

Интересен взгляд на хронологическую эволюцию понятия «энтропия», представленный в работах А.В. Сигала [289-290]. В этих обзорных материалах А.В. Сигал очень детально разбирает хронологию работ различных авторов, интересовавшихся в разное время данным вопросом.

Изучением энтропии, как меры неопределенности состояния системы, в разное время занимались такие ученые как Р. Клаузиус [289-290], П. Биллингслей [291], Л. Больцман [292], Дж. У. Гиббс [293], С. де Гроот [294], Н. Мартин и Д. Ингленд [295], Я.Г. Синай [296], Р.Л. Стратонович [297], А.Н. Тырсин [239, 298-300], А.Я. Хинчин [301], П. Шамбадаль [302], К. Шеннон [281-283, 303] и др.

Вопросами энтропийного моделирования активно занимались Г.П. Быстрай [304], А.Д. Вильсон [273], П. Гленсдорф [305], Б.Б. Кадомцев [306], Ю.Л. Климонтович [307-308], А.П. Левич [184, 309-310], Г.Г. Малинецкий [311-312], Л.М. Мартюшев [313], Н.Н. Моисеев [314-315], Г. Николис [316], Ю.С. Попков [317], И.В. Прангишвили [318], И.Р. Пригожин [113-115], Ю.Л. Соловьев [319], И. Стенгерс [320], Д.И. Трубецков [321], А.М. Хазен [322], В.И. Шаповалов [323] и др.

Анализ основных работ вышеуказанных ученых показывает, что процессы самоорганизации, развития или деградации в открытых системах всегда характеризуются изменением энтропии. В этой связи становится очевидным, что для управления открытыми системами необходима методология, позволяющая увеличивать и уменьшать уровень энтропии системы в зависимости от преследуемых целей и имеющихся на это ресурсов. Эта методология должна позволять определять управляющие параметры, максимально эффективно воздействующие на управляемую систему в рамках ставящихся задач.

В таблице 2.4 представлена хронология начального этапа, продолжавшегося около 100 лет, развития теории информации и постепенной трансформации понятия энтропия.

Таблица 2.4 – Хронология научных открытий (1865…1951 гг.) в сферах, понятийно близких к теории передачи информации

Год	Автор	Вклад в науку
1865	Р. Клаузиус	Выявил само явление увеличения энтропии (при том, что это понятие еще не вошло в обиход).
1872	Л. Больцман	Предложил использовать формулу $\Sigma(p_i \cdot log\ p_i)$ для оценки энтропии одной частицы газа.
1878	Д.У. Гиббс	Предложил понятие «энтропия Гиббса», содержащее понятие «вероятность состояния системы».
1924	Г. Найквист	Предложил рассмотреть процесс передачи информации с позиции квантификации «интеллекта» и скоростей передачи.
1927	Д. фон Нейман	Ввел понятие «Неймановская энтропия».
1928	Р. Хартли	Представил формулу Хартли, логарифм числа возможных сообщений, с информацией, передаваемой, когда приёмник (получатель) может отличить одну последовательность символов от любой другой (независимо от любого связанного значения).
1929	Л. Силард	Показал возможности преобразования информации в извлечение полезной работы.
1940	А. Тьюринг	Представил deciban как единицу измерения информации в немецкой машине Enigma.
1944	К. Шеннон	Завершил в первом приближении Теорию информации.
1947	Р. Хемминг	Изобрел Код Хемминга для обнаружения и исправления ошибок.
1948	К. Шеннон	Опубликовал основные положения Математической теории связи.
1949	К. Шеннон	Представляет научному сообществу теорему отсчетов и теорему Шеннона-Хартли.
1949	К. Шеннон	Рассекречена Теория связи в секретных системах, разработанная К. Шенноном.
1949	Р. Фано	Представил разработанный независимо от К. Шеннона алгоритм Шеннона-Фано.
1949	М. Голей	Вводит понятие «Коды Голея» для исправления путем упреждения ошибок.
1950	Р. Хемминг	Публикует «коды Хемминга» для исправления путем упреждения ошибок.
1951	С. Кульбак и Р. Лейблер	Вводят понятие «Расстояние Кульбака-Лейблера».

К 2020-м гг. энтропийная теория заняла достойное место в мировой науке. При этом до сих пор нет четкого однозначного отношения к феномену энтропии. Известно, что Дж. фон Нейману принадлежит высказывание о том, что никто не знает, что же на самом деле представляет собой энтропия [295, с. 18]. В принципе о том же многократно говорили и другие авторы. Например, A. Ben-Naim [324] следующим образом формулирует мысль о сложности концептуальной идентификации энтропии: «Энтропия – это уникальная величина не только в термодинамике, но, возможно, и во всей науке. Энтропия уникальна в смысле существования множества концептуальных интерпретаций. В частности, в науке:

нет другой концепции, в которой роли «причины» и «следствия» были бы взаимозаменяемы; нет другого понятия, которым так бы серьезно злоупотребляли; нет другой концепции, которой приписывалось бы так много полномочий, ни одна из которых никогда не была оправдана; нет другой концепции, которая бы столь явно фигурировала бы на обложках и в названиях стольких книг; нет другой концепции, которая была также неправильно истолкована; нет другой концепции, на основе которой люди писали бы целые книги, полные хаотического нагромождения мыслей; в физике нет другого понятия, которое было бы приравнено ко времени при том, что это абсолютно вневременная величина [325-326]; нет другого понятия, которое бы внесло больший вклад в путаницу, искажения и введение в заблуждение человеческих умов, чем энтропия».

Как бы то ни было, в любой аналитической работе, посвященной энтропии, указывается, что существует три базовых определения энтропии – Р. Клазиуса, Л. Больцмана и К. Шеннона.

В работе [327] проведен детальный анализ значения и природы энтропии, выполненный с философских позиций. Рассмотрим базовые положения этого труда. Вначале понятие энтропии было предложено в интерпретации второго закона термодинамики (1865…1872 гг.). Р. Клаузиус, пожалуй, был первым, кто осознал, что энтропия это функция системного состояния [328, С. 179, 329]. Это означает, что всякий раз, когда задается макроскопическое состояние системы, определяется ее энтропия.

Л. Больцман [330] определил энтропию S в терминах общего числа доступных микросостояний системы (2.11):

$$S = k_B \cdot log\ W, \tag{2.11}$$

где k_B - константа, известная теперь как постоянная Больцмана (1,3806 × 10^{-23} Дж/К$^{-1}$);
W - число доступных микросостояний системы.

Итак, общепризнанными авторами понятия «энтропия» и Второго закона термодинамики (вторая половина XIX века) являются Р. Клаузиус [329] и Л.

Больцман [292, 330]. В рамках данной научной парадигмы энтропия носит крайне отрицательный характер, суть которого – мера рассеивания энергии и увеличения всех форм беспорядка.

Пониманию энтропии как статистической характеристики микроансамблей системных элементов мир обязан Дж. Гиббсу [293], Дж. К. Максвеллу [331], а чуть позже – Л. Силарду [332]. Именно они сформировали мнение о принципиальном родстве природы энтропии и информации.

При отсутствии детальной информации о каждом элементе из какой-либо совокупности все они считаются «равноправными» в своем целом. Обычно об элементах системы мало что известно, а зачастую – информация отсутствует полностью. Каждому из этих элементов (т.е. *i-му*) может быть поставлена в соответствие количественная характеристика, определяющая удельный вес этого элемента среди других как статистическую меру их состоятельности. Эта характеристика, т.е. удельный вес системного элемента среди других аналогичных, равна $P = f_i = 1/N$. Отметим, что этот подход может быть использован в случае равномерного распределения статистической величины (случай равновероятности событий). Именно равномерное распределение обычно характерно для ситуации полной неопределенности данного множества событий $\{f_i\}\ldots\ i$. В то же время системный элемент может принимать разнообразные значения в диапазоне $[1; N]$.

Р. Хартли [280, 333] предложил способ вычисления количества информации I, содержащейся в отдельном сообщении как элементе некоторого множества N «равноправных» событий (2.12):

$$I(N) = k \cdot \log_a N. \qquad (2.12)$$

Основание логарифмирования $a = 2$ выбирается как наименьшее из возможных целочисленных оснований кодирования информации $(N = 2)$. Этот выбор определяется из расчета минимума состояний системы, возникающих в ходе раздвоения единого на противоположности ($N = 2$). Надо отметить, что предложенный Р. Хартли [280, 333] способ измерения количества информации имеет достаточно ограниченную область применения (только в ситуациях полной

неопределенности). А ситуация полной неопределенности возникает тогда, когда элементы рассматриваемой системы обладают достаточным разнообразием, т. е. для равновероятных событий.

Количество информации *I*, содержащейся в отдельном сообщении, он приравнял к мере непредсказуемости исходов системного состояния и обосновал простую формулу для оценки этой меры информационной непредсказуемости (2.13):

$$H_N = log_2 N, \tag{2.13}$$

где N - число испытаний.

Формула (2.13) дает достаточно грубую оценку, т.к. игнорируется вероятность конкретных исходов (учитывается только их количество). Этот недостаток был устранен К. Шенноном, который рассмотрел феномен энтропии с информационной точки зрения.

По К. Шеннону [281-283], энтропия – это мера неопределенности какого-либо события, имеющая разные исходы.

В информационном смысле энтропия – функция информационной ситуации, определяющая меру необратимого рассеивания информации.

Близким понятием в этом случае является понятие диссипации (рассеяния) информации [334].

По К. Шеннону, информационная энтропия определяется как (2.14):

$$H = - k \cdot \sum(p_i \cdot log_2 p_i), \tag{2.14}$$

где n - число состояний системы;
p_i - вероятность (или относительная частота) нахождения системы в *i*-е состояние, причем $\sum p_i = 1$.

Если же энтропию измерять в битах и основанием логарифма выбрать 2, то $k = 1$ и формула (2.14) приобретает вид (2.15).

$$H = - \sum(p_i \cdot log_2 p_i), \tag{2.15}$$

В таблице 2.5 представлены основные базовые признаки трех исторически сложившихся подходов к идентификации энтропии.

Таблица 2.5 – Базовые признаки трех подходов к идентификации энтропии

Признаки	Энтропия		
	Р. Клазиуса	Л. Больцмана	К. Шеннона
Год	1865	1872	1945…1948
Выявленный феномен	Выявлено явление увеличения энтропии.	Представлено вероятностное статистическое объяснение принципа увеличения энтропии.	Установлено, что при рассмотрении распределения молекул в физической системе как возможном сообщении о событии, энтропия становится мерой информации.
Суть феномена	Функция состояния энтропии может определять направление развития физического процесса в макросостоянии.	Изменена смысловая идентификация феномена энтропии (переход от изучения массы и энергии объектов к изучению их структуры и эволюции).	Количество информации и энтропия являются мерами определенного системного состояния.
Понятийный пробел и его разрешение в рамках концепции К. Шеннона	Не были четко объяснены обобщенный смысл и ценность системной энтропии.	Энтропия понималась как мера беспорядка, хаоса и структурной неопределенности, но это понимание не было связано с информацией.	Формула информационной энтропии Шеннона может быть интерпретирована как случайность сообщения, как мера априорной неопределенности сообщения.

Энтропия Шеннона не превышает энтропию Хартли и сравнивается с ней, если все исходы испытаний равновероятностны. Определение энтропии по Шеннону основано на использовании понятия «мера информации». Сам К. Шеннон следующим образом определял «меру информации»: «Предположим, у нас есть набор возможных событий, вероятности наступления которых равны $p_1, p_2, p_3, p_4 \ldots p_n$. Эти вероятности известны, но это все, что мы знаем о том, как какое событие может произойти. Можем ли мы найти меру того, насколько «выбор» связан с выбором события или насколько мы не уверены в исходе этого выбора?». Важный вклад в понимание философии энтропии сделал в 1944 г. Э. Шредингер [335].

Знаменито его высказывание о том, что «жизнь питается отрицательной энтропией».

Почти одновременно с К. Шенноном американский математик и основатель кибернетики Н. Винер [336] в 1948 г. представил формулу Винера, суть которой в измерении отрицательной энтропии (негэнтропии). По Н. Винеру «Информация – это отрицательная энтропия».

Философская интерпретация значения и природы информации, энтропии и негэнтропии заключается в следующем. Энтропия является мерой степени неопределенности структурного режима микросостояния системы. Отрицательная энтропия (негэнтропия) может рассматриваться в двух различных смыслах. Первый из них – степень снижения энтропии системы при изменении режима организации системы. Второй – степень оценки отклонения способа организации системной структуры от стандартного значения (максимального значения энтропии) относительно той же самой системы.

При формальном описании структурного режима системы необходимы две величины: одна – число возможных микросостояний системы, а другая – вероятность того, что каждое микросостояние может произойти.

Если множество, представляющее возможное количество микросостояний системы представить как $A = \{a_1, a_2, a_3 \ldots a_n\}$, а множество, представляющее вероятность возможного возникновения каждого микросостояния как $P = \{p_1, p_2, p_3 \ldots p_n\}$, то способ организации формальной структуры системы *(M)* может быть выражен матрицей в виде (2.16):

$$\mathrm{M} = \begin{bmatrix} A \\ P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \; a_2 \; a_3 \ldots a_n \\ p_1 \; p_2 \; p_3 \cdots p_n \end{bmatrix}. \qquad (2.16)$$

Применительно к понятию управления надо отметить, что, если случайно или под воздействием каких-либо внешних причин установилось одно какое-либо сочетание элементов системы (причем это сочетание выделяется как самостоятельная конфигурация), то достаточно велика вероятность того, что в

ближайший момент времени это сложившееся сочетание будет нарушено. Система в связи с этим перейдет к другой конфигурации, более вероятной [273].

С позиций термодинамики систем важнейшей целью управления является поддержание управляемой системы в пределах конфигурации, обладающей малой вероятностью самопроизвольного возникновения [304].

Иными словами, *цель управления – понизить энтропию H системы или повысить степень ее организации* [305, 337-338]. По сути, это означает, что вводя управление, мы повышаем вероятность нахождения системы в каком-либо состоянии $P(x, y)$.

В 1948 г. К. Шеннон в работах [281-283, 288] предложил новую форму использования этого понятия – в этот раз по отношению к информационным потокам. В 1950 г. Л. Берталанфи опубликовал работу «Общая теория систем» [227-228], а Н. Винер [269-270, 336] представил научному сообществу новое научное направление «Кибернетика». Важный вклад в развития понимания сложности мира внесла теория «фракталов» (Б. Мандельброт, 1975). На фоне все возрастающих объемов и качества знаний становится неудивительным завершение оформления Единой Теории Поля (1913 – конец XX века [339-340]) и появление научного направления «Синергетика» (Г. Хакен, 1980, С.П. Курдюмов, 1980-е гг.) [338]. На этом фоне само понятие «Энтропия» трансформировалось неоднократно и к концу XX века были сформированы как минимум три понятия, идентифицируемые данным термином – термодинамическая (Р. Клаузиус, Л. Больцман) [292, 330], информационная (К. Шеннон) [281-283] и структурная (И.В. Прангвишвили) [288, 318] энтропии.

Развитие научной мысли привело к формированию в 1999 г. новой всеобъемлющей теории энтропии по А.Н. Панченкову [341-342]. Важнейший постулат этой теории основан на понимании того, что все процессы окружающей нас действительности подчиняются единому принципу максимума энтропии и закону её сохранения: «Все процессы Вселенной и окружающей действительности происходят при постоянной сумме динамической и статической информации» [343]. Доказательство этого закона приведено в [306].

К началу XXI века существует большое число различных интерпретаций понятия «Энтропия». Сегодня известны энтропии Клазиуса, Больцмана, Гиббса, Харди, Шеннона, Кульбака, Тсалеса. Анализ смыслового содержания этого понятия показал, что существуют три проекции энтропии: термодинамическая; информационная; структурная. Как указывается в [343, С. 220]: «удачных попыток придания энтропии самостоятельного смысла не было; следствием этого является то, что энтропийная проекция оказалась неразработанной». Важнейший вопрос заключается в том, имеет ли энтропия самостоятельное смысловое значение? А.Н. Панченков дает на этот вопрос положительный ответ, идентифицируя энтропию с целым рядом понятий [344, С. 114], основным из которых является *мера совершенства системной структуры.* С учетом вышесказанного, А.Н. Панченков формулирует следующее итоговое определение, сублимирующее все вышесказанное [344, С. 116]: «*Энтропия – это логарифмическая мера совершенства объектов Природы и Действительности».*

Графическая классификация (рисунок 2.18) всех известных энтропий представлена в работе [345].

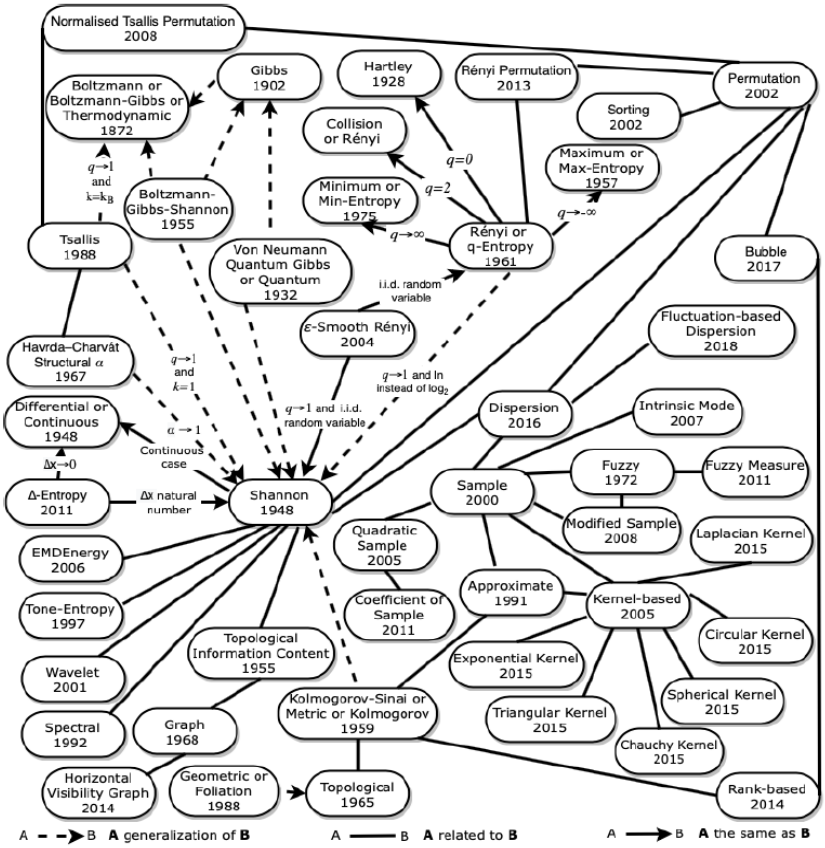


Рисунок 2.18 – Вселенная энтропий M. Ribeiro [345]

Легко заметить, что центральное место на этой схеме занимает энтропия Шеннона или информационная энтропия

2.6. Анализ возможностей энтропийного моделирования поведения больших и сложных систем. Требования к энтропийной модели

Принято считать, что любая система уже по определению является большой и сложной. При исследовании больших систем принято использовать системный анализ, суть которого в установлении взаимосвязей между элементами и оценивании меры влияния этих взаимосвязей на характеристики системного функционирования. Проблема в том, что корректно поэлементно реконструировать систему не всегда представляется возможным. В этой ситуации на помощь может прийти энтропийное моделирование, основанное на использовании информационной энтропии *H* авторства К. Шеннона [239, С. 21]. Но, как указывает А.Н. Тырсин [239, С. 21], использование информационной энтропии как инструмента моделирования сложных систем сопряжено с целым рядом сложностей. Например, очень сложно корректно однозначно выделить у сложной системы фиксированное конечное множество состояний.

В случае описания изучаемой системы наборами непрерывных переменных необходимо использовать интегральный подход к определению энтропии величин, имеющих непрерывное распределение. К. Шеннон, в частности привел формулу для энтропии непрерывных распределений (2.17):

$$H(X) = -\int_{-\infty}^{\infty} p(x) \cdot \log\, p(x) dx, \qquad (2.17)$$

где $p(x)$ - функция плотности распределения x.

О.В. Цветков [346] указывает, что энтропия (2.17) считается аналогом энтропии (2.15), но, по мнению О.В. Цветкова, это не совсем так, а с точки зрения энтропийного анализа совсем не так. В формуле (2.17) появился член dx, которого нет в (2.15). Полным дискретным аналогом (2.17) была бы формула (2.18):

$$H = -\sum(p_i \cdot log_2 p_i \Delta x), \qquad (2.18)$$

Принципиальное отличие формулы (2.18) от формулы (2.15) состоит в том, что формула (2.15) справедлива для любого множества событий, в том числе и не связанного с числами, а (2.18) применяется только к распределениям числовых величин. Кроме того, член Δx делает оценку энтропии (2.18), в отличии от (2.15), зависимой от выбора масштаба по x, что противоречит свойствам информационной энтропии. В задачах управления БДД необходимо опираться на дискретную статистику, характеризующую конкретные итоговые (за конкретный отрезок времени – например, за год) данные. Следовательно, в определении энтропии можно опираться на подход, принципиально представленный формулой (2.15).

Система и ее состояния – понятийная основа, вокруг которой построена кибернетическая наука [268-270, 336, 347-348]. Кибернетика изучает организацию систем в пространстве и времени: структурные особенности систем, внутрисистемные связи, законы переформатирования систем. Базовым понятием кибернетики является понятие «состояние», что означает некое описание системы в течение временного отрезка, ограниченного двумя моментами времени [268].

Как отмечает В.Ф. Турчин [348, С. 17]: «кибернетика - наука о связях, управлении и организации в объектах любой природы. В кибернетических понятиях с равным успехом описываются явления физико-химические, биологические, социальные. <…> В кибернетике главным является исследование воздействия друг на друга подсистем, образующих данную систему».

Состояние системы определяется посредством оценки совокупности состояний всех ее подсистем. В.Ф. Турчин [348] отмечает, что элементарные подсистемы можно классифицировать по признаку числа возможных состояний (конечное и бесконечное). В случае, если для подсистемы характерно конечное число состояний, то эта подсистема называется дискретная; подсистемы второго типа принято называть непрерывными. Считается, что дискретные системы более совершенны и надежны [274, 348]. Надежность таких систем определяется, в первую очередь, ограниченным числом возможных состояний элементарных подсистем, а значит – игнорированием малых отклонений физических параметров

от нормы. Это позволяет системе восстанавливать какое-либо из своих допустимых состояний [274, 349].

Предполагается, *что конечной целью управления автотранспортной системой (в частности, ее подсистемой ОБДД) является повышение уровня ее организованности, т.е. поддержания ее в пределах конфигурации, обладающей малой вероятностью самопроизвольного возникновения* [37, 350]. Яркими примерами такой конфигурации могут быть региональная автотранспортная система с высочайшим уровнем БДД (т.е. характеризуемая очень низким уровнем аварийности; смертности и травматичности участников ДТП) и системы общественного транспорта в городах, для которых характерно уникальное (т.е. чрезвычайно редкое статистически) сочетание высокой эффективности и высокого качества транспортного обслуживания населения. Случайно (самопроизвольно) такие системы не возникают, а удержание их на достигнутом высоком уровне целевых показателей требует каждодневных значительных усилий [269-270, 324-326, 336]. Есть ли способ оценить уровень организованности автотранспортных систем? Анализ, проведенный автором, позволяет дать на этот вопрос положительный ответ. Для оценки уровня организованности систем ОБДД необходимо использовать энтропийный анализ, основная суть которого заключается в структурировании изучаемой системы, определении относительного веса w_i каждого из этапов информационной трансформации, определении структуры весовых коэффициентов w_i [37-38, 350].

Идентификация величины весовых коэффициентов w_i, соответствующих различным звеньям причинно-следственной цепочки изучаемого процесса, оценка их соразмерности, позволяет решать главную задачу энтропийного анализа – оценивать степень структурного качества системы, в рамках функционирования которой формируется изучаемый процесс.

Имея расчетные значения весовых коэффициентов w_i можно перейти к решению следующей задачи исследования – определению энтропии H по

классической формуле К.Э. Шеннона [281-283] как результата оценки меры организованности этих систем (2.19):

$$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i \qquad (2.19)$$

где n - число звеньев причинно-следственной цепочки формирования результата функционирования какой-либо системы;

w_i - весовые коэффициенты, отвечающие условию нормировки $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

Расчет Относительной энтропии H_n осуществляется по формуле (2.20):

$$H_n = H / H_{\max} = H / \ln(n) \qquad (2.20)$$

Теоретический диапазон изменения Относительной энтропии $H_n = [0 \ldots 1]$, где 0 – абсолютная организованность; 1 – абсолютная дезорганизованность.

Согласно мнению А.Н. Тырсина [239, С. 34] главной задачей моделирования больших сложных стохастических систем является объяснение их поведения.

В связи с этим к энтропийной модели исследуемой системы выдвигается ряд требований, которые можно представить в форме таблицы 2.6.

Таблица 2.6 – Требования к энтропийной модели исследуемой системы [227-229]

Классификация требований по признакам		
наличия основных признаков системных закономерностей	*наличия управляющих переменных*	*наличия критерия эффективности*
Основные признаки: · целостность и аддитивность; · изолированность и коммуникативность; · идентифицируемость и множественность; · наблюдаемость и неопределенность; · отображаемость и нетождественность отображения; · иерархичность и закон «необходимого разнообразия»; · историчность и самоорганизация.	Воздействие на управляемую систему осуществляется с помощью изменения параметров относительного «веса» w_i каждого из этапов трансформации информации в рамках изучаемой системы.	В качестве критерия эффективности может использоваться максимизация / минимизация или достижение конкретного значения относительной энтропии H_n.

2.7. Простейшая кибернетическая модель формирования БДД и ее оборотная сторона – процессная модель процесса формирования дорожной аварийности

Использование энтропийно-структурного моделирования как приема идентификации уровня системного качества возможно тогда, когда ставится задача изучения степени свободы проявления этой системы во времени и пространстве.

Применительно к БДД это надо понимать как возможность идентификации системы ОБДД с позиции оценки ее качества посредством изучения особенностей структуры процессов ее функционирования. Т.к. БДД – обобщенная качественная характеристика состояния транспортной системы с позиции оценки защищенности жизни и здоровья людей, то дорожно-транспортная аварийность – оборотная сторона БДД. Транспортная система и ее подсистема ОБДД – большие и сложные системы, структурировать которые чрезвычайно сложно, а описать все межэлементные связи практически невозможно. В этой связи, есть смысл отказаться от мысли декомпозиции вышеуказанных систем. Используем для идентификации специфики систем ОБДД принципиально другой подход – кибернетический.

С кибернетической точки зрения процесс формирования дорожно-транспортной аварийности описывается как причинно-следственная цепочка, начальным звеном которой являются люди (с позиций статистики – численность населения), а конечной – та их доля, что погибает в ДТП. Число промежуточных звеньев цепочки может варьироваться, а их смысловая нагрузка должна соответствовать необходимым и достаточным с философских позиций элементам системного процесса.

Предлагается следующий простейший вариант исследуемой причинно-следственной цепочки (рисунок 2.19). Каждое звено этой цепочки иллюстрирует результат динамического развития процессов функционирования больших и сложных социально-технических систем (непосредственно транспортная система, дифференцируемая на людей и парк ТС и характеризуемая множеством характеристик).

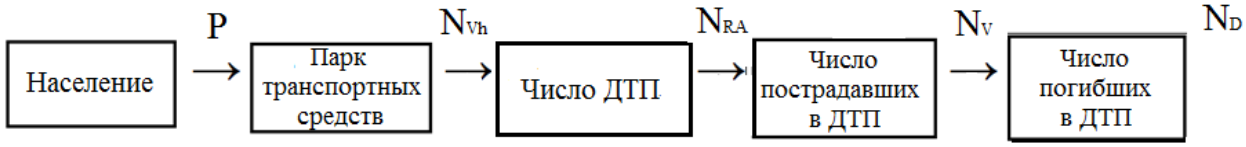


Рисунок 2.19 – Четырехзвенная причинно-следственная цепочка механизма формирования дорожно-транспортной аварийности (механизм (*Н-4*)) [37, 351-352]

Данная причинно-следственная цепочка состоит из пяти блоков, связанных причинной связью (рисунки 2.19-2.20).

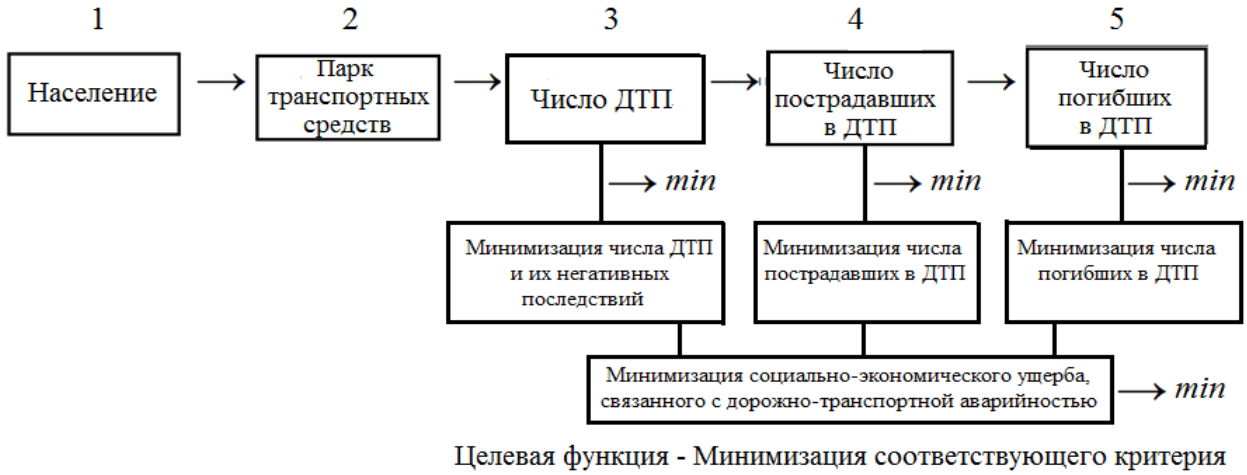


Рисунок 2.20 – Причинная связь между задачами ОБДД и звеньями причинно-следственной цепочки «Население - <…> - Погибшие в ДТП»

Отмечу, что просые цепочки рис. 2.19-2.20 могут быть значительно усложнены при условии информационных возможностей (рисунок 2.21). Однако такие возможности бывают далеко не всегда. Например, в официальной статистике Госавтоинспекции МВД РФ есть возможность найти данные о численности парка транспортных средств, зарегистрированного в конкретном субъекте РФ (появляется возможность реализовать версию причинно-следственной цепочки рисунка 2.20). А вот для систем ОБДД отдельных городов РФ такой возможности у автора практически нет (за исключением использования данных о парках ТС городов федерального значения – гг. Москва, Санкт-Петербург, Севастополь). Также у автора есть доступ к статистике величины парка ТС в родном городе - Тюмени. Итого, эта возможность есть лишь для анализа парков 4 городов РФ.



Рисунок 2.21 – Возможные варианты усложнения причинно-следственной цепочки «Население - <…> - Погибшие в ДТП» (при наличии соответствующих данных)

Для городов РФ причинно-следственная цепочка формирования дорожно-транспортной аварийности превращается в версию рисунка 2.22.

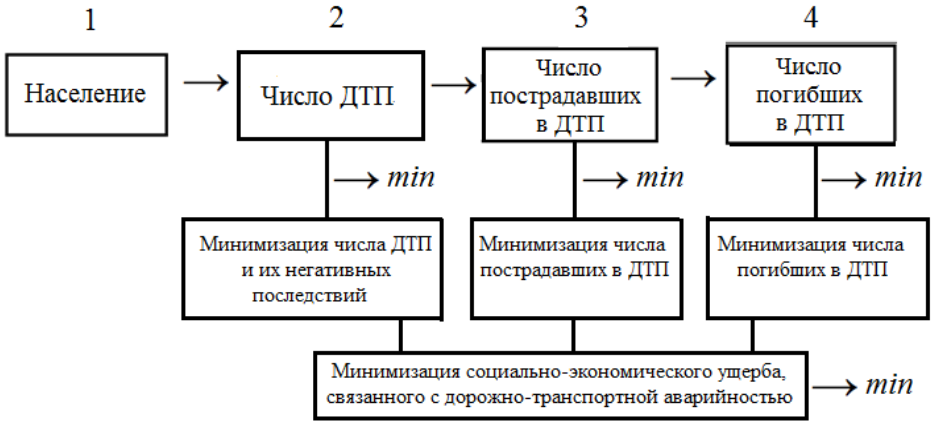


Рисунок 2.22 – Укороченная (трехзвенная) причинной связи между задачами ОБДД и звеньями (для городов РФ)

С позиций концепции информационной энтропии К. Шеннона специфика механизма формирования дорожно-транспортной аварийности описывается информационными деформациями (т.е. особенностями изменения информации при движении по информационному каналу причинно-следственной цепочки). Эти информационные деформации можно идентифицировать посредством коэффициентов информационной передачи K_i (2.21):

$$K_i = A_{out} / A_{in} \qquad (2.21)$$

где A_{out} - численное значение выходной характеристики;
A_{in} - численное значение входной характеристики.

Четыре этапа информационной передачи в рамках причинно-следственной цепочки (рисунок 2.19) идентифицируются посредством коэффициентов информационной передачи K_i (рисунок 2.23).

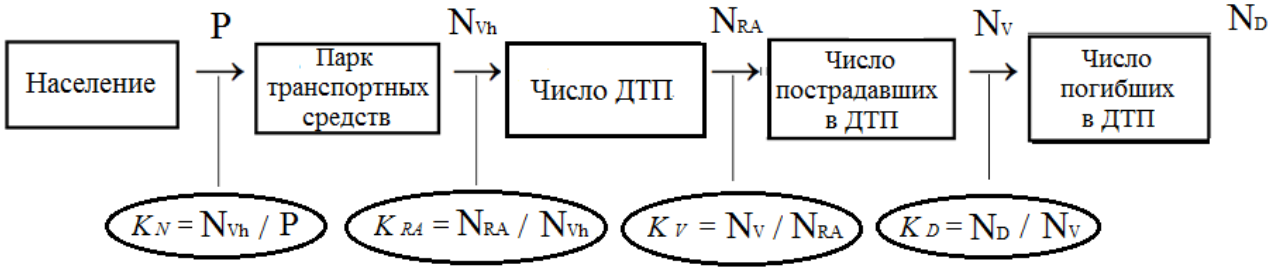


Рисунок 2.23 – Причинно-следственная цепочка формирования дорожной аварийности. Четырехзвенный механизм (*H-4*) информационной передачи [37, 351-352]

Специфика процесса формирования дорожно-транспортной аварийности характеризуется именно посредством величин частных значений коэффициентов информационной передачи K_i, а именно коэффициентов $K_1 = K_N$; $K_2 = K_{RA}$; $K_3 = K_V$; $K_4 = K_D$. Итак, каждому звену причинно-следственной цепочки соответствует определенный коэффициент информационной передачи K_i.

В частности, первое звено процессной цепочки «Население P – Парк транспортных средств» характеризует те процессы, что приводят к росту и фиксации фактической величины парка (на определенную дату – например, на 1.01.2025). Коэффициент $K_1 = K_N$ характеризует уровень автомобилизации; состав и качество парка при этом не идентифицируется.

Второе звено «Парк транспортных средств – Число ДТП» характеризует те специфические процессы функционирования транспортной системы, что в итоге приводят к формированию дорожно-транспортной аварийности. Коэффициент $K_2 = K_{RA}$ оценивает вероятность участия одиночного ТС в учетное (с жертвами) ДТП; специфика ДТП при этом не идентифицируется.

Третье звено «Число ДТП – Число пострадавших в ДТП» характеризует количественную специфику среднестатистического ДТП, т.е. коэффициент $K_3 = K_V$

идентифицирует среднестатистическое число пострадавших (погибших, раненых, травмированных в совокупности), приходящихся на одно среднестатистическое ДТП; специфика травм, полученных в ДТП при этом не идентифицируется.

Четвертое звено «Число пострадавших в ДТП – Число погибших в ДТП» характеризует качественную специфику тяжести среднестатистического ДТП; коэффициент $K_4 = K_D$ оценивает среднестатистическую долю погибших по отношению к числу пострадавших в ДТП.

Четырехзвенная версия причинно-следственной цепочки, представленная на рисунке 2.23, является основной или базовой. Но для энропийного анализа можно использовать и другие причинно-следственные цепочки, в частности трехзвенные.

Варианты трехзвенной причинно-следственной цепочки представлены на рисунках 2.24 и 2.25.

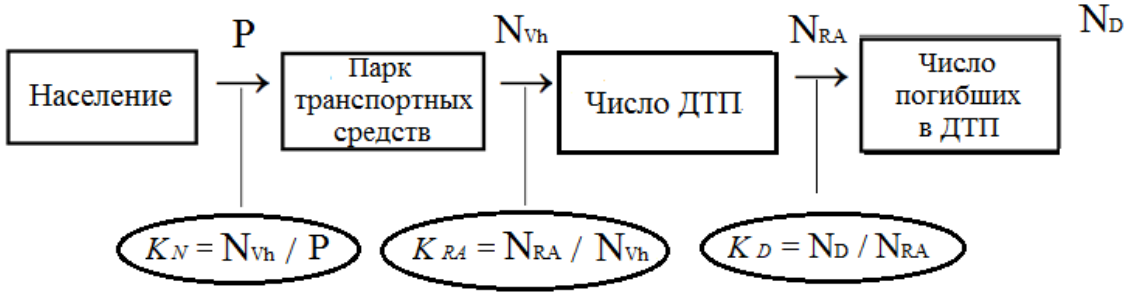


Рисунок 2.24 – Трехзвенный механизм информационной передачи в рамках версии (*H-3.1*) описания причинно-следственной цепочки формирования аварийности [37, 351-352]

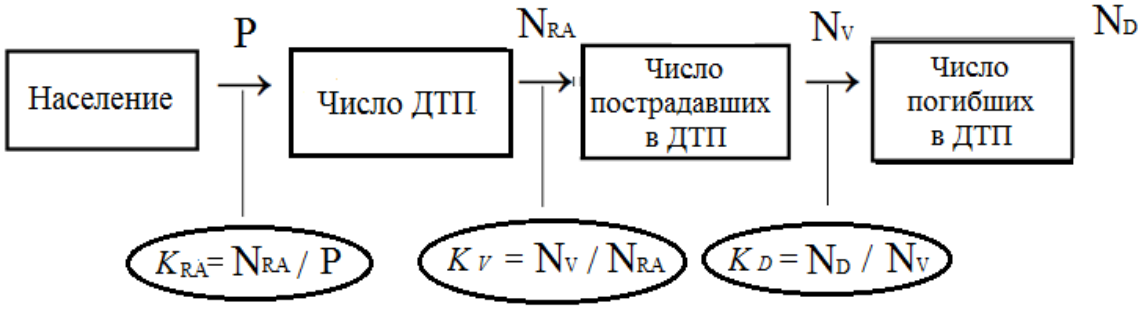


Рисунок 2.25 – Трехзвенный механизм информационной передачи в рамках версии (*H-3.2*) описания причинно-следственной цепочки формирования аварийности [37, 351-352]

Выбор варианта причинно-следственных цепочек (*H-4*), (*H-3.1*), (*H-3.2*) зависит от наличия информации об исследуемых системах ОБДД. Если на сайте Госавтоинспекции МВД РФ [151] можно найти информацию о величине

региональных парков транспортных средств N_{Vh}, то в отношении общегосударственной и региональных систем ОБДД вполне можно использовать варианты четырехзвенного (*H-4*) или трехзвенного (*H-3.1*) причинно-следственного механизмов формирования дорожно-транспортной аварийности. Если же для городских систем ОБДД информацию о величине парка транспортных средств N_{Vh} найти невозможно – в этом случае необходимо работать с вариантом причинно-следственного механизма (*H-3.2*).

При этом необходимо понимать, что расчетные значения энтропии *H*, рассчитанные по различным методикам (*H-4*), (*H-3.1*), (*H-3.2*) не будут совпадать по причине различного итогового относительного веса или значимости различных звеньев причинно-следственной цепочки.

2.8. Организованность – системное свойство, оцениваемое посредством количественной оценки энтропии. Абстрактный пример разной степени организованности систем ОБДД

Допустим, известна количественная величина системной энтропии *H*. Возникает вопрос о том, какое системное свойство оценивается с помощью величины *H*? Если речь идет о качестве структуры изучаемой системы, реализующей себя посредством системных процессов, то необходимо выявить некие пропорции между системными элементами, т.е. найти отношения между системными элементами. Назовем свойство, отображающее особенности процесса системного функционирования, идентифицирующие структурное качество системы как *Организованность*.

Итак, *Организованность* – свойство сложных систем, идентифицирующее качество структуры системы и упорядоченность поведения системных элементов.

Для высокоорганизованных систем будет характерно целенаправленное поведение и высокий КПД результативности в плане достижения поставленных целей. Для низкоорганизованных, наоборот, будут характерны признаки

отсутствия целеполагания, хаотичность функционирования и низкий КПД результативности в плане достижения поставленных целей.

В принципе, организованность присуща материи в любых ее пространственно-временных масштабах, однако степень ее проявленности может очень сильно варьироваться.

Социально-технические системы, к числу которых относятся и транспортные системы характеризуются наличием структуры. Транспортная система организована, если зависит от наличия системной структуры. И, наоборот, существование высокоорганизованной транспортной системы необходимо для корректного и эффективного выполнения функционала по перемещению в пространстве грузов и пассажиров.

Обычно термином «Структура» обозначают некую комбинацию упорядоченных элементов системы. В прямом смысле структура – это строение системы. Вне систем структур не существует. Именно за счет специфики системной структуры реализуются те или иные системные свойства.

Применительно к системам ОБДД *Организованность систем ОБДД – системное свойство, характеризующее степень свободы поведения системных элементов и реализующееся в форме практической реализации действия совокупности правил, запретов, структурирующих систему и ограничивающих свободу её изменений.*

С целью иллюстрации понятийного смысла, вкладываемого в данный термин, приведу два крайних примера. Пусть в двух городах (обозначим их А и Б) одной страны, характеризуемых различным набором признаков, очень по-разному выстроены процессы ОБДД (таблица 2.7). Для транспортной системы типичного города А будут характерны высокоструктурированные процессы функционирования, в значительной степени ограничивающие свободу её изменений, а значит, обеспечивающие высокий уровень прогнозируемости и, как следствие, корректности (согласно требованиям ПДД) поведения участников транспортного процесса. Для типичного города Б будут характерны процессы

хаотического, низкоструктурированного функционирования транспортной системы и, как следствие, достаточно низкий уровень фактической БДД.

Таблица 2.7 – Общие признаки городов с высокоорганизованной и низкоорганизованной системами ОБДД

Признак	Город А (высокоорганизованная система ОБДД)	Город Б (низкоорганизованная система ОБДД)
Степень организованноси системы ОБДД	Высокая	Низкая
Величина системной энтропии	Низкая	Высокая
Итоговые отчетные показатели состояния БДД	Лучшие образцы	Худшие образцы
Высокое качество жизни населения, влияющее на формирование в городе высококачественного парка ТС	Да	Нет
Наличие ИТС, адаптивно реагирующей на изменения характеристик внешней среды и фактическую интенсивность движения ТС	Да	Нет
Высокопрофессиональные сотрудники спецслужб, организующие движение и обеспечивающих БДД	Да	Нет
Уровень сознательности населения и гарантии поведенческого соответствия требованиям ПДД	Высокий	Низкий
Уровень болезненности наказаний за нарушение ПДД	Высокий	Низкий
Примечание. В реальности для систем ОБДД российских городов характерны самые разные комбинации вариантов характеристик признаков. В данном случае представлена лишь классификационная логика.		

Итак, высокоорганизованные системы ОБДД формируют низкий уровень энтропии H; высокий уровень энтропии H характерен для низкоорганизованных систем ОБДД. Вопрос о граничности классификационных условий будет рассмотрен чуть позже.

2.9. Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем ОБДД

Под методом чаще всего понимают способ достижения цели [353]. Методика – как правило, некий готовый «рецепт», алгоритм, процедура для проведения каких-либо нацеленных действий. Методика отличается от метода конкретизацией

приёмов и задач. Ключевая задача методики – количественная оценка энтропии систем ОБДД (а впоследствии – качественная оценка уровня организованности этих систем). Эта оценка формируется в процессе выполнения ряда последовательных действий – алгоритма. Конкретизируем этот алгоритм в отношении оценки энтропии систем ОБДД.

Итак, методика оценки степени организованности систем ОБДД (для 4-х-звенного механизма формирования региональной аварийности) состоит из следующих этапов действий [37, 351-352].

Этап 1. *Структурирование изучаемой автотранспортной системы и описание процесса ее функционирования в виде причинно-следственной цепочки* (рисунок 2.26).

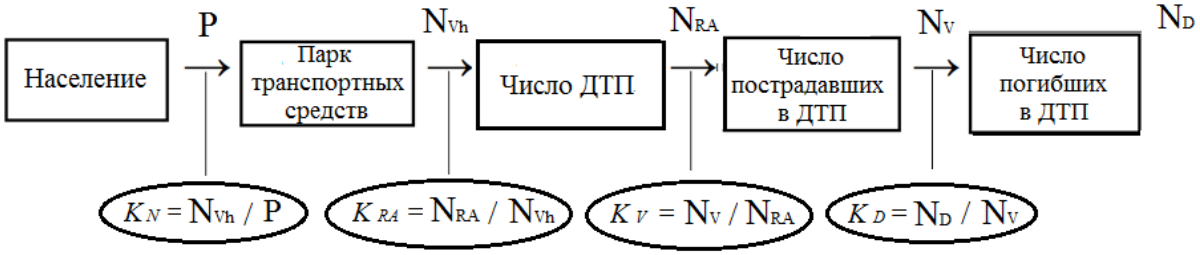


Рисунок 2.26 – Причинно-следственная цепочка процесса формирования дорожной аварийности (Четырехзвенный механизм (*H-4*)) [37, 351-352]

Рисунок 2.26 дублирует ранее приведенный рисунок 2.23, однако его повторное представление необходимо в рамках данной методики.

Этап 2. *Идентификация численных значений коэффициентов информационной передачи K_i.*

Коэффициентом передачи *i*-звена является отношение значений характеристики его выхода (A_{out}) к значению характеристики входа (A_{in}).

Продублируем еще раз формулу (2.21):

$$K_i = A_{out} / A_{in} \qquad (2.21)$$

В частности, необходимо определить значения коэффициентов (2.22):

$$K_N = N_{Vh}/P\,; \qquad K_{RA} = N_{RA}/N_{Vh}\,; \qquad K_V = N_V/N_{RA}\,; \qquad K_D = N_D/N_V \tag{2.22}$$

Идентификация значений коэффициентов K_i информационной передачи по каналу является основой последующего выявления «слабых» звеньев в причинно-следственном механизме формирования дорожно-транспортной аварийности.

Этап 3. *Определение так называемого позитива или положительного вклада Q относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке передачи информации «Население – <…> – Число погибших в ДТП».*

Физический смысл положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <…> – Число погибших в ДТП» в конечный результат дорожно-транспортной аварийности является мерой объема информации или производной энтропии исследуемого процесса.

Для четырехзвенной методики определения энтропии (*H-4*) это можно сделать согласно (2.23):

$$Q = Q_N + Q_{RA} + Q_V + Q_D = \ln\left(1/K_N\right) + \ln\left(1/K_{RA}\right) + \ln(K_V) + \ln\left(1/K_D\right) \tag{2.23}$$

Т.к. *ln* от числа $X_i > 1$ принимает отрицательное значение, то необходимо избавиться от этого эффекта. С этой целью, при расчете Q_V используется расчет *ln* применительно к прямой величине (K_V), в то время, как при расчете Q_N, Q_{RA}, Q_D используется расчет *ln* применительно к обратным величинам $\left(1/K_N\right); \left(1/K_{RA}\right); \left(1/K_D\right)$.

Этап 4. *Определение численных значений весовых коэффициентов* w_i для оценки положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <…> – Число погибших в ДТП». Для этого используется алгоритм (2.24):

$$w_i = Q_i/Q \tag{2.24}$$

Наличие расчетных значений w_i, а именно w_N, w_{RA}, w_V, w_D позволяет оценить степень относительного влияния («веса») различных блоков (четырех

этапов трансформации информации) исследуемой причинно-следственной цепочки на формирование итоговых характеристик дорожно-транспортной аварийности.

Наличие расчетных значений веса позитива w_i различных звеньев причинно-следственной цепочки позволяет решать главную задачу энтропийного анализа – оценивать степень влияния различных блоков (звеньев) цепочки передачи информации в формирование итогового результата – состояния системы ОБДД.

Этап 5. *Определение логарифмированных значений «веса» позитива w_i различных звеньев причинно-следственной цепочки и их произведения с «весами» позитива w_i.*

Т.к. в классической формуле К. Шеннона используются именно логарифмированные значения «весов», то необходимо сначала вычислить натуральные логарифмы соответствующих «весов» позитива звеньев цепочки, а затем и итоги перемножения логарифмов соответствующих «весов» непосредственно на значения «веса».

Этап 6. *Непосредственный расчет энтропии* процесса ОБДД по классической формуле К.Э. Шеннона [281-283] (2.33); ранее эта формула уже фигурировала под номером (2.19):

$$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i \qquad (2.25)$$

где n - число звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности;

w_i - весовые коэффициенты позитива звеньев цепочки, отвечающие условию нормировки $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

Этап 7. *Расчет Относительной энтропии H_n* процесса ОБДД может быть осуществлен по формуле (2.26):

$$H_n = \left[-\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln(w_i) \right] \Big/ \ln(n), \qquad (2.26)$$

где n - число звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности;

$n = 4$ - для случая оценки энтропии региональных систем ОБДД.

Для 3-х-звенного механизма формирования аварийности методика оценки степени организованности систем ОБДД должна быть несколько скорректирована. В частности, необходимо использовать *трехзвенную причинно-следственную цепочку* (рисунок 2.27, дублирует ранее приведенный рис. 2.25).

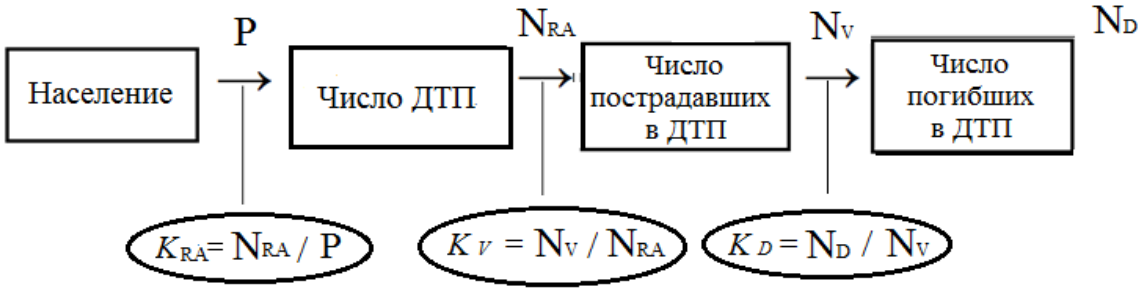


Рисунок 2.27 – Причинно-следственная цепочка формирования дорожной аварийности. Трехзвенный механизм (*H-3.2*) информационной передачи [37, 351-352]

На 2 этапе необходимо определить значения коэффициентов K_{RA} ; K_V ; K_D (2.27):

$$K_{RA} = N_{RA}/N_{Vh}\,; \qquad K_V = N_V/N_{RA}\,; \qquad K_D = N_D/N_V \tag{2.27}$$

На 3 этапе при определении так называемого позитива или положительного вклада Q относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке передачи информации «Население – <…> – Число погибших в ДТП» необходимо помнить, что для трехзвенной методики определения энтропии (*H-3.2*) это можно сделать согласно (2.28):

$$Q = Q_{RA} + Q_V + Q_D = \ln(1/K_{RA}) + \ln(K_V) + \ln(1/K_D) \tag{2.28}$$

Далее, на 4…7 этапах Методики, выполняемые действия полностью соответствуют методике, представленной для 4-х-звенного механизма формирования дорожно-транспортной аварийности. Единственное, что нужно еще

учесть дополнительно – при определении по формуле (2.20) Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$, что число этапов информационной трансформации $n = 3$.

С целью конкретизации представлений об использовании данной методики, представлю поэтапные расчеты *Относительной энтропии* $H_{n\ БДД}$ процесса ОБДД в 2025 г. в Российской Федерации (таблица 2.8) и аналогичные расчеты *Относительной энтропии* $H_{n\ БДД}$ процесса ОБДД для данных 2025 г. в Москве (таблица 2.9).

Таблица 2.8 – Результаты детализированного поэтапного расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}4}$ процессов ОБДД в России (2025 г.)

Показатели, характеризующие состояние системы ОБДД [151]				
Население (P) РФ (2025), чел.	Парк (N_{Vh}) (2025), ТС	Число ДТП (N_{RA}) (2025), ед.	Число пострадавших (N_V) (2025), чел.	Число погибших (N_D) (2025), чел.
146119928	64070520	128793	173832	13943
Значения коэффициентов информационной передачи между звеньями				
$K_N = N_{Vh}/P$	$K_{RA} = N_{RA}/N_{Vh}$	$K_V = N_V/N_{RA}$	$K_D = N_D/N_V$	
$K_N = 0{,}438$	$K_{RA} = 0{,}0020$	$K_V = 1{,}350$	$K_D = 0{,}080$	
Позитив звена причинно-следственной цепочки Q_i $Q_i = \ln(1/K_i)$ для K_N, K_{RA}, K_D и $Q_i = \ln(K_i)$ для K_V				
$Q_1 = Q_N = 0{,}824$	$Q_2 = Q_{RA} = 6{,}210$	$Q_3 = Q_V = 0{,}300$	$Q_4 = Q_D = 2{,}523$	
Относительный вес позитива соответствующего звена цепочки w_i				
$\omega_1 = \omega_N = 0{,}084$	$\omega_2 = \omega_{RA} = 0{,}630$	$\omega_3 = \omega_V = 0{,}030$	$\omega_4 = \omega_D = 0{,}256$	
Расчетное значение [$\ln(w_i)$]				
$ln(\omega_N) = -2{,}481$	$ln(\omega_{RA}) = -0{,}462$	$ln(\omega_V) = -3{,}493$	$ln(\omega_D) = -1{,}363$	
Расчетное значение [$w_i \cdot \ln(w_i)$]				
$[\omega_N \cdot ln(\omega_N)] = -0{,}208$	$[\omega_{RA} \cdot ln(\omega_R)] = -0{,}291$	$[\omega_V \cdot ln(\omega_V)] = -0{,}106$	$[\omega_D \cdot ln(\omega_D)] = -0{,}349$	
Расчетное значение энтропии $H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i = 0{,}954$				
Расчетное значение Относительной энтропии $H_n = H/H_{max} = H/\ln(4) = 0{,}688$				

В заключение отмечу, что полученные значения Относительной энтропии H_n процессов ОБДД в Российской Федерации и Москве даже для баз данных одного года (2025 г.) сравнивать нельзя, т.к. для их расчета были использованы различные (четырехзвенная для РФ и трехзвенная для Москвы) методики определения значений $H_{n\ БДД}$. В то же время значения Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ процессов

ОБДД (уровни системной организованности) можно сравнивать только в рамках сопоставимых подходов с учетом числа звеньев причинной цепочки.

Таблица 2.9 – Результаты детализированного поэтапного расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3.2}$ процессов ОБДД в Москве (2025 г.)

Показатели, характеризующие состояние системы ОБДД [151]			
Население (Р) г. Москва (2025), чел.	Число ДТП (N_{RA}) (2025), ед.	Число пострадавших (N_V) (2025), ед.	Число погибших (N_D) (2025), чел.
13274285	8166	9398	296
Значения коэффициентов информационной передачи между звеньями			
$K_{RA} = N_{RA}/N_{Vh}$	$K_V = N_V/N_{RA}$	$K_D = N_D/N_V$	
K_{RA} = 0,00062	K_V = 1,1509	K_D = 0,0315	
Позитив звена причинно-следственной цепочки $Q_i = \ln(1/K_i)$ для K_{RA}, K_D и $Q_i = \ln(K_i)$ для K_V			
$Q_1 = Q_{RA}$ = 7,394	$Q_2 = Q_V$ = 0,141	$Q_3 = Q_D$ = 3,458	
Относительный вес позитива соответствующего звена цепочки w_i			
$\omega_1 = \omega_{RA}$ = 0,673	$\omega_2 = \omega_V$ = 0,013	$\omega_3 = \omega_D$ = 0,315	
Расчетное значение [$\ln(w_i)$]			
$ln(\omega_1) = ln(\omega_{RA})$ = -0,397	$ln(\omega_2) = ln(\omega_V)$ = -4,36	$ln(\omega_3) = ln(\omega_D)$ = -1,157	
Расчетное значение [$w_i \cdot \ln(w_i)$]			
$[\omega_{RA} \cdot ln(\omega_{RA})]$ = -0,267	$[\omega_V \cdot ln(\omega_V)]$ = -0,056	$[\omega_D \cdot ln(\omega_D)]$ = -0,364	
Расчетное значение энтропии $H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$ = 0,686			
Расчетное значение Относительной энтропии $H_n = H/H_{\max} = H/\ln(3)$ = 0,625			

ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕЦИФИКИ ЭНТРОПИЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

3.1. Теоретическое моделирование трендов системной динамики. Основные характеристики оценки системного поведения

Материал раздела 3.1 ранее был частично опубликован в форме авторской статьи [354].

3.1.1. Социо-технологический процесс и его характеристики

Социо-технические системы существуют и функционируют в пространстве и времени в форме процесса. С.Д. Хайтун [355-356] указывает, что под *процессом* понимается «*устойчивая и целенаправленная совокупность взаимосвязанных действий, которые по определённой технологии преобразуют входы в выходы для получения заранее определённых продуктов, результатов или услуг».*

В процессе управления абсолютно любым системным объектом, управляющему субъекту всегда приходится сталкиваться с необходимостью анализа тенденций развития (или деградации) этой системы, т.е. изучения особенностей *процесса функционирования системы*. Это важно как с позиций общей оценки текущей ситуации в управляемой системе, так и для прогноза трендов изменения системы (процесса).

Развитие любой человеко-технической системы, в том числе и автотранспортной, можно описать в общей схемы развития технологического процесса. Любой технологический, либо тесно связанный с ним социальный процесс развивается во времени и пространстве и имеет конечный жизненный цикл [200, 354, 357]. В данном случае особый акцент будет сделан на временные особенности развития процесса. Сразу надо указать, что разные авторы, работавшие в данном направлении, делали различные акценты и выбирали разные

характеристики процесса в качестве базовых. Однозначного мнения о том, как делать это корректно, до настоящего времени не сформировалось.

Прежде всего, необходимо разобраться с дефиницией «устойчивое развитие», о котором так много говорят в последнее время руководители всех рангов. С инженерной точки зрения [354, 357], устойчивое системное развитие реализуется посредством повышения уровня дуального феномена «Эффективность – Качество» управляемой системы за счет роста ее коэффициента полезного действия (КПД).

Переходя к общему анализу развития какой-либо системы в пространстве и времени, следует формализовать и несколько скорректировать представление о понятии «*процесс*» в более удобном для анализа виде.

Итак, под *процессом* понимается *нормированное (по значению функции и аргументу) монотонное изменение характеристик состояния системы, в которой при изменении аргумента X в диапазоне значений* [0; 1] *значение функции Y также изменяется в диапазоне значений* [0; 1].

В ходе построения теоретического описания особенностей изучаемого процесса обычно рекомендуется использование нормированных системных характеристик [354]. Это необходимо делать с целью унификации различных, в количественном значении, характеристик процесса.

Принципиально это выглядит следующим образом. Пусть Q – параметр изменения некой системной характеристики u. С целью нормировки аргумента X и функции Y можно использовать два варианта интерполяционной формулы (3.1):

$$u = \frac{Q_i - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}}, \qquad u = \frac{Q_{\max} - Q_i}{Q_{\max} - Q_{\min}}, \tag{3.1}$$

где Q_i - текущее значение параметра состояния системы (процесса);

$Q_{\min}$ - минимальное значение параметра состояния системы (процесса);

$Q_{\max}$ - максимальное значение параметра состояния системы (процесса).

В этой случае нормировка функции *Y* в зависимости от характера параметра *A* принимает вид (3.2):

$$y = \frac{A_i - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}} \qquad \text{или} \qquad y = \frac{A_{\max} - A_i}{A_{\max} - A_{\min}} . \tag{3.2}$$

Для аргумента *X* нормировка проводится аналогичным образом (3.3):

$$x = \frac{B_i - B_{\min}}{B_{\max} - B_{\min}} \qquad \text{или} \qquad x = \frac{B_{masx} - B_i}{B_{\max} - B_{\min}} . \tag{3.3}$$

Динамика состояния системы является количественным показателем эволюции системных процессов. Это замечание вполне актуально и в отношении систем ОБДД.

Назначение любой технологии – обеспечение положительного эффекта. Однако этот эффект формируется не моментально, а постепенно, т.е. является функцией времени *T*. Любая технология развивается во времени и постепенно захватывает все новых и новых пользователей. Например, процесс автомобилизации в мире насчитывает около 130 лет; в России – около 120 лет. Причем процесс автомобилизации протекал с неравномерной скоростью и не одинаково в пространстве какой-либо территории. БДД, как состояние автотранспортной системы, на которое оказывал влияние процесс автомобилизации, также формировалась неравномерно во времени и пространстве. Так, в РСФСР, и, позже в СССР автомобилизация протекала с относительно высокой скоростью в 1925…1940 гг., а затем скорость процесса автомобилизации заметно снизилась, резко ускорившись уже в 1995…2015-х гг. Последние 5…10 лет скорость процесса автомобилизации в России снова замедлилась.

Динамика изменения системного состояния (например, автомобилизация *A*, как характеристика транспортной системы) зависит это от множества факторов. По мнению автора, в сфере БДД эта динамика зависит, прежде всего, от условий и темпов социально-экономического развития страны. Как отмечают многочисленные эксперты, для регионов России характерны серьезные пространственные перекосы социально-экономического развития [196-201]. И в

максимальной степени это соображение относится к той стороне социально-экономического развития страны, которая идентифицируется как «качество жизни населения» [196-201].

Если подходить к вопросу системной динамики с позиции теории полезности, то в качестве аргумента X необходимо выбрать нормированное благо Q (3.4):

$$X = \frac{Q - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}}. \qquad (3.4)$$

В качестве функции Y, пожалуй, необходимо выбрать нормированную общую полезность P системного процесса (3.5):

$$Y = \frac{P - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}. \qquad (3.5)$$

Качественной характеристикой процесса является его скорость; под скоростью понимается темп нарастания нормированной полезности $P = dy/dx$, которая имеет смысл нормированной предельной полезности.

Все характеристики процесса (*X, Y, dx/dy*), меняются в ходе жизненного цикла $T_{цикла}$ системы, т.е. зависят от нормированного времени $T_н = t/T_{цикла}$. Так, процесс автомобилизации в мире, насчитывающий около 130 лет, можно принять как 1 (по состоянию на текущий момент). При этом временной отрезок 130 лет не является сроком жизненного цикла. Автомобилизация, как процесс, продолжается, несмотря на все трансформации (например, тренд последних лет – внедрение технологий совместного пользования автомобилем и т.д.).

При изучении трендов системной динамики, необходимо, прежде всего, изучать поведение функции $Y(T_н)$.

В качестве функции Y рассматривается выбранный какой-либо нормированный технологический показатель, а аргумент X – это нормированное время $T_н$.

Главный вопрос изучения социо-технологического процесса – корректный выбор номенклатуры базовых характеристик, описывающих этот процесс. Этот выбора автор сделал в ходе совместной работы с В.И. Колесовым [354]

В качестве базового, с целью описания процесса формирования БДД, можно рассматривать следующий набор характеристик [354]:

- скорость (3.6) изменения полезности процесса $V_p(T_н)$:

$$V_p(T_н) = dP(T_н)/dT_н \,. \tag{3.6}$$

- полезность (3.7) процесса $P(t_v)$:

$$P(T_н) = \int_0^{Tн} V_p(T_н) \cdot dT_н \,. \tag{3.7}$$

- жизненная сила (3.8) процесса $A(t_v)$:

$$A(T_н) = P(T_н) \cdot V_p(T_н) \,. \tag{3.8}$$

- запас жизненных сил (3.9) процесса $ZA(T_н)$:

$$ZA(T_н) = \int_0^{Tн} A(T_н) \cdot dT_н \,. \tag{3.9}$$

Рассмотрим развитие во времени совместного взаимодействия этих характеристик применительно к процессам формирования БДД.

3.1.2. Механизм формирования характеристик социо-технологического процесса

Рассмотрим механизм формирования динамических характеристик любого (в том числе и процесса формирования БДД) социо-технологического процесса (рисунок 3.1) [354]. На схеме рисунка 3.1, иллюстрирующего функциональную схему развития процесса, *Vp* идентифицирует скорость процесса, *P* – полезность процесса; *A* – жизненная сила процесса; *ZA* – запас жизненных сил процесса.

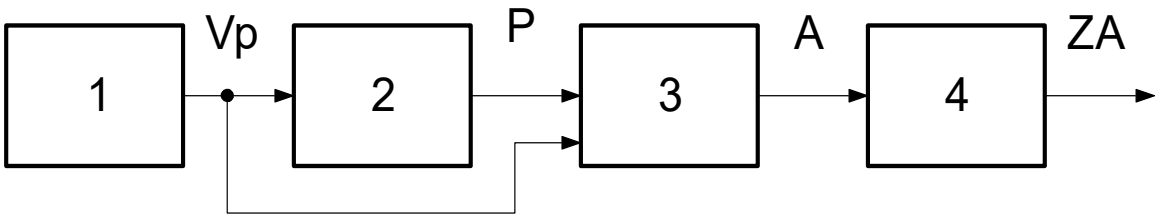


Рисунок 3.1 – Общая унифицированная функциональная схема развития во времени социо-технологического процесса

Анализ состояния вопроса (глава 1) показал, что процессы развития автомобилизации, начиная с 1896 г. (год первого ДТП с участием автомобиля [358]), были сопряжены с вопросами ОБДД.

Таким образом, известен момент времени, начиная с которого процессы ОБДД становятся актуальными (1896 г.). Именно с этого момента начинает работать *механизм формирования и динамического изменения характеристик социо-технологического процесса, связанного с функционированием систем ОБДД.*

По факту какого-либо процесса (в том числе – процесса изменения фактического состояния БДД), все четыре характеристики процесса динамически изменяются с момента начала объективной реализации этого процесса.

Рассмотрим аналитически тренды формирования характеристик ($P(T_н)$; $V_p(T_н)$; $A(T_н)$; $ZA(T_н)$) социо-технологического процесса совершенствования БДД.

На первоначальном этапе необходимо уточнить, что начало координат [0; 0] сопряжено с годом начала процесса. Однако это может быть как непосредственно 1896 г. – год рождения проблемы БДД [358], так и любой другой год, соответствующий моменту резкого качественного роста актуальности проблематики БДД.

Полезность процесса $P(T_н)$ и скорость изменения полезности процесса $V_p(T_н)$ разнонаправлены. Обычно скорость процесса $V_p(T_н)$ максимальна на начальных его этапах, а затем снижается. Полезность процесса $P(T_н)$, наоборот, постепенно возрастает (рисунок 3.2).

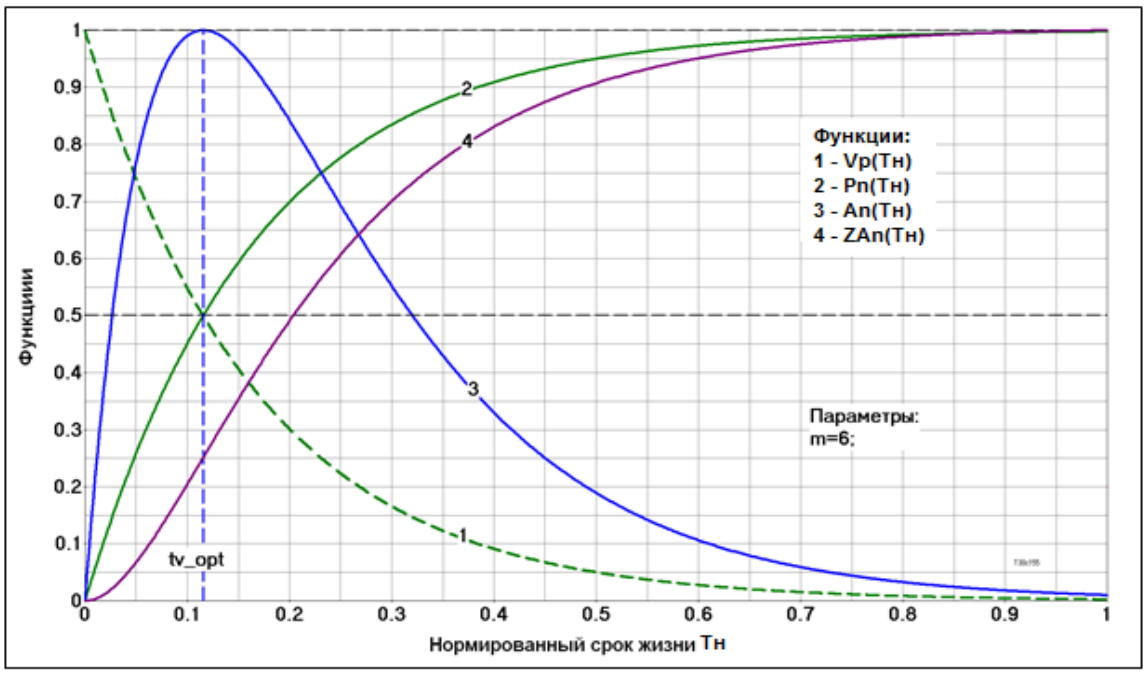


Рисунок 3.2 – Динамические характеристики
социо-технологического процесса совершенствования БДД

Результирующей полезности процесса $P(T_н)$ и скорости его изменения во времени $V_р(T_н)$ является жизненная сила процесса $A(T_н)$. Запас жизненных сил $ZA(T_н)$ – интегральная характеристика, функция поведения жизненной силы процесса $A(T_н)$ во времени.

Рассмотрим пример изменения пример развития во времени процесса ОБДД во времени. При этом не будем рассматривать в деталях тысячи внутрисистемных связей между сотнями системных элементов (особенно, описывающих психо-эмоциональные или социальные аспекты этого процесса).

Пусть, именно в 2005 г. на самом высоком государственном уровне было решено, что высокая дорожно-транспортная аварийность приняла формы, угрожающие государственной безопасности (ежегодно в стране в ДТП погибало до 40 тыс. чел.). Было решено возвести борьбу за БДД в ранг государственных задач; как следствие – осознание важности этой задачи управления государством было транслировано по властной вертикали до всех структурных уровней государственной машины. Точкой отсчета процесса примем момент принятия в действие I Федеральной целевой программы по БДД (2006…2012 гг.) [146].

Скорость процесса $V_p(T_н)$ борьбы за БДД на этом этапе (2007…2010 гг.) была самой высокой. Именно в эти годы максимально строго наказывались нарушители ПДД за такие нарушения как неиспользование ремней безопасности и т.п. При этом видимого эффекта от этих действий статистика аварийности на первоначальном этапе процесса не показывала. Объясняется это тем, что полезность процесса $P(T_н)$ постепенно нарастала и, очевидно, достигла максимальных значений лишь через 8…10 лет (к 2014…2015 гг.), когда показатели БДД начали стремительно нарастать. Проиллюстрируем эту мысль статистически. В то же время, процесс роста скорости процесса $V_p(T_н)$ протекал крайне неравномерно (в 2010…2012 гг. наблюдался этап отката процесса). Именно это послужило причиной принятия II Федеральной целевой программы по БДД (2013…2020 гг.). Так, в течение 2006…2025 г. ежегодное число погибших в ДТП формировались следующим образом (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Изменение числа погибших в ДТП в Российской Федерации (2006…2025 гг.) с позиции полезности процесса повышения БДД

Число погибших в ДТП в Российской Федерации по годам, чел.									
2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
32724	33238	29936	27659	26567	27953	27991	27025	26963	23114

Окончание таблицы 3.1

Число погибших в ДТП в Российской Федерации по годам, чел.									
2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
20308	19088	18214	16981	15738	14874	14172	14504	14403	13943

Ежегодное изменение этого показателя (в %), по сути – скорость процесса повышения БДД – представлено в таблице 3.2. Следует указать, что статистика 2006 г. в таблице 3.2 не учитывается, т.к. государственное внимание к вопросам ОБДД было инициировано лишь с 20.02.2006 г., а реально (в регионах страны) начал реализовываться не ранее, чем со второй половины 2006 г. – первой половины 2007 г.

Данные таблицы 3.2 подтверждают теоретический вид функций $V_p(t_v)$ и $P(T_н)$, представленных на рисунке 3.2.

Таблица 3.2 – Скорость процесса повышения БДД, оцениваемая как темп ежегодного изменения годового числа погибших в ДТП в Российской Федерации (последующий год / предыдущий год, %) в период с 2007 по 2025 гг.

Изменение годового числа погибших в ДТП, %						
I Федеральная целевая программа по БДД					Переходный этап	
2008/2007	2009/2008	2010/2009	2011/2010	2012/2011	2013/2012	2014/2013
-10,0	-8,6	-4,0	+5,2	+0,1	-3,5	-0,2
Тенденция $V_p(t_v) - \downarrow$			Тенденция $V_p(t_v) - \uparrow$		Тенденция $V_p(t_v) - \downarrow$	

Продолжение таблицы 3.2

Изменение годового числа погибших в ДТП, %						
II Федеральная целевая программа по БДД / Стратегия по БДД 2018-2024						
2015/2014	2016/2015	2017/2016	2018/2017	2019/2018	2020/2019	2021/2020
-14,3	-12,2	-6,0	-4,6	-6,8	-7,3	-5,5
Общая тенденция процесса изменения $V_p(t_v) - \downarrow$						

Окончание таблицы 3.2

Изменение годового числа погибших в ДТП, %						
II Федеральная целевая программа по БДД / Стратегия по БДД 2018-2024 / до 2030 г.						
2022/2021	2023/2022	2024/2023	2025/2024	2026/2025	2027/2026	2028/2027
-4,8	+2,3	-0,7	-3,2	Отсутствие официальных данных		
$V_p(t_v) - \downarrow$	$V_p(t_v) - \uparrow$	$V_p(t_v) - \rightarrow$	$V_p(t_v) - \downarrow$	???		
Общая тенденция процесса изменения $V_p(t_v)$ – неопределена						

Конечно же, это грубый пример, не учитывающий множество других обстоятельств жизненного процесса большой и сложной системы «Транспортная система РФ» (не учтена динамика численности населения, роста парка ТС и т.д.), но тем не менее, в первом приближении иллюстрируется тот факт, что скорость процесса $V_p(T_н)$ во времени снижается. Судя по скорости процесса $V_p(T_н)$, совершенствование БДД в РФ в течение 2006…2025 гг. (20 лет) можно рассматривать как сумму трех процессных периодов. В течение первого из них (2006…2012) в российском обществе лишь формировались основы политики народосбережения в сфере ОБДД; 2013…2014 гг. – были переходным этапом; с 2015 г. начался полноценный этап целенаправленного повышения БДД в стране, реализация которого к 2022…2025 гг. столкнулась с серьезными трудностями.

Надо сказать, что в последние годы изменились технологии ОБДД в стране. Если ранее чрезвычайно высокое влияние на формирование БДД оказывали

инспекторы ДПС Госавтоинспекции МВД РФ, то сегодня основные акценты перенесены на использование автоматизированных комплексов фото- и видеофиксации правонарушений (таблица 1.7). Сегодня в российском обществе уже сформирована правильная практика использования тех же ремней безопасности (таблица 1.11).

С учетом данных таблиц 3.1…3.2 можно условно констатировать, что полезность процесса $P(T_н)$ постепенно нарастала в течение всего периода наблюдения (2006…2023 гг.), а жизненная сила $A(T_н)$ процесса повышения БДД скорее всего достигала в РФ максимальных значений в 2014…2016 гг., а потом начала постепенно снижаться.

Рассмотрим эти процессы с позиции аналитического описания. Надо указать, что ранее промежуточные результаты работы по аналитике процессов формирования БДД в России были представлены в работе [359].

3.1.2.1. Скорость изменения полезности процесса (V_p)

Важнейшей характеристикой процесса является динамика скорости изменения полезности процесса. Как показано на рисунке 3.2, скорость нарастания полезности процесса снижается с ростом его полезности $P(T_н)$ в соответствии с дифференциальным уравнением (3.10):

$$\frac{dV_p}{dT_н} = -m \cdot V_p \qquad (3.10)$$

где m - коэффициент, в общем случае зависящий от внешних условий.

Разделим переменные и проинтегрируем правую и левую части (3.10).

В результате получаем (3.11):

$$\int_{V_{p\max}}^{V_p} \frac{dV_p}{V_p} \cdot dT = -m \cdot \int_0^{Tн} dT_н$$

$$\ln(V_p) - \ln(V_{p\max}) = -m \cdot T_н,$$

т.е. $$V_p = V_{p\max} \cdot \exp\left(-m \cdot T_н\right). \quad (3.11)$$

Нормированное значение скорости изменения полезности процесса определяется как (3.12):

$$V_{pн}(T_н) = V_p / V_{p\max} = \exp\left(-m \cdot T_н\right). \quad (3.12)$$

3.1.2.2. Динамика изменения полезности процесса (*P*)

Характер процесса изменения полезности процесса $P(T_н)$ определяется его скоростью $V_p(T_н)$:

$$P(T_н) = \int_0^{T_н} V_p(T_н) \cdot dT_н = \int_0^{T_н} V_{p\max} \cdot \exp\left(-m \cdot T_н\right) \cdot dT_н = P_{\max}\left[1 - \exp\left(-m \cdot T_н\right)\right], \quad (3.13)$$

где $P_{\max} = V_{p\max} / m$.

При введении нормированного значение полезности процесса $P(T_н)$ имеем выражение (3.14):

$$P_п(T_н) = P(T_н) / P_{\max} = 1 - \exp\left(-m \cdot T_н\right). \quad (3.14)$$

3.1.2.3. Жизненная сила процесса (*A*)

В процессе жизненного цикла процесса его полезность $P(T_н)$ растет, а скорость $V_p(T_н)$ снижается. С позиций процессного управления, конечно же, хотелось бы обеспечить максимально высокую результативность этого процесса. Задача эта противоречивая. Но именно это противоречие и позволяет понять, что существует определенное, максимально эффективное состояние процесса, когда его полезность $P(T_н)$ уже достаточно высока, а скорость $V_p(T_н)$ – даже если и снизилась, то еще не критически.

Предлагается в качестве критерия результативности (эффективности) принять величину $A(T_н)$ (3.15):

$$A(T_н) = y \cdot dy/dT_н = P(T_н) \cdot V_p(T_н) = B \cdot \left[F(T_н) - F^2(T_н)\right], \qquad (3.15)$$

где $B = P_{\max} \cdot V_{p\max} \cdot m$; $F(T_н) = \exp(-m \cdot T_н)$.

Назовем величину $A(T_н)$ жизненной силой процесса, что вполне будет соответствовать ее сути. Экстремум-максимум жизненной силы $A(T_н)$ достигается при условии $dA/dT_н = 0$.

Решая это уравнение, примем во внимание соотношение (3.15).

Тогда получим

$$B \cdot \left[dF/dT_н - 2 \cdot F \cdot dF/dT_н\right] = B \cdot dF/dT_н \cdot (1 - 2 \cdot F) = 0.$$

При $B \cdot dF/dT_н \neq 0$ уравнение сводится к виду $1 - 2 \cdot F = 0$.

Его решение $F = \exp(-m \cdot T_{н_opt}) = 0{,}5$, что позволяет оценить время $T_{н_opt}$ достижения экстремума-максимума $A(T_н)$:

$$T_{н_opt} = -\ln(0{,}5)/m. \qquad (3.16)$$

Максимальное значение жизненной силы процесса $A_{\max}(T_н)$ в этом случае определяется как (3.17):

$$A_{\max}(T_н) = B\left[F(T_{н_opt}) - F^2(T_{н_opt})\right], \qquad (3.17)$$

где $F(T_{н_opt}) = \exp\left(-m \cdot T_{н_opt}\right) = \exp\left(\ln(0{,}5)\right) = 0{,}5$.

Таким образом,

$$A_{\max}(T_н) = B\left[F(T_{н_opt}) - F^2(T_{н_opt})\right] = B \cdot \left(0{,}5 - 0{,}5^2\right) = B/4.$$

Помня о том, что $B = P_{\max} \cdot V_{p\max} \cdot m$, можно понять, что максимальное значение жизненной силы процесса $A_{\max}(T_н)$ достигается обычно в самом начале жизненного цикла процесса (на рисунке 3.2 $T_{н\ opt} = 0{,}12\ T_н$).

Нормированное значение жизненной силы процесса определяется как (3.18):

$$A_n(T_н) = \frac{A(T_н)}{A_{\max}} = \frac{F(T_н) - F^2(T_н)}{F(T_{н_opt}) - F^2(T_{н_opt})} = 4 \cdot \left[F(T_н) - F^2(T_н)\right]. \qquad (3.18)$$

3.1.2.4. Запас жизненных сил процесса *(ZA)*

Характеристика «Запас жизненных сил процесса $ZA(T_н)$» трактуется как накопленная сумма жизненных сил на интервале времени $T_н$ (3.19):

$$ZA(T_н) = \int_0^1 A(T_н) \cdot dT_н = \int_0^{T_н} y \cdot dy / dT_н \cdot dT_н = \int_0^{y(T_н)} y \cdot dy = \frac{y(T_н)}{2}$$
$$= \frac{P_{\max}^2 \left[1 - \exp(-m \cdot T_н)\right]^2}{2} = \frac{V_{p\max}^2 \cdot \left[1 - \exp(-m \cdot T_н)\right]^2}{2m^2}. \qquad (3.19)$$

Уровень запаса жизненных сил $ZA(T_н)$ к концу жизненного цикла ($T_н$) составляет (3.20):

$$ZA_{\max} = \int_0^1 A(T_н) \cdot dT_н = \int_0^1 y \cdot dy / dT_н \cdot dT_н = \int_0^{y_{\max}} y \cdot dy = \frac{y_{\max}^2}{2}$$
$$= \frac{P_{\max}^2 \left[1 - \exp(-m)\right]^2}{2} = \frac{V_{p\max}^2 \cdot \left[1 - \exp(-m)\right]^2}{2m^2}. \qquad (3.20)$$

Динамика в течение процессного цикла нормированного запаса $ZA_n(T_н)$ жизненных сил этого процесса (применительно к формированию БДД) может быть представлен следующим образом (рисунок 3.3). Графическая модель, представленная на рисунке 3.3 описывается моделью (3.21):

$$ZA_n(T_н) = ZA(T_н) / ZA_{\max} = \left[\left(1 - \exp(-m \cdot T_н)\right) / \left(1 - \exp(-m)\right)\right]^2 \qquad (3.21)$$

Интенсивность расхода жизненных сил процесса предопределяется, очевидно, коэффициентом *m*. Очевидно, что задающий интенсивность

расходования жизненных сил процесса коэффициент m, определяет не только динамику процесса, но и распределение кумулятивного результата в течение жизненного цикла.

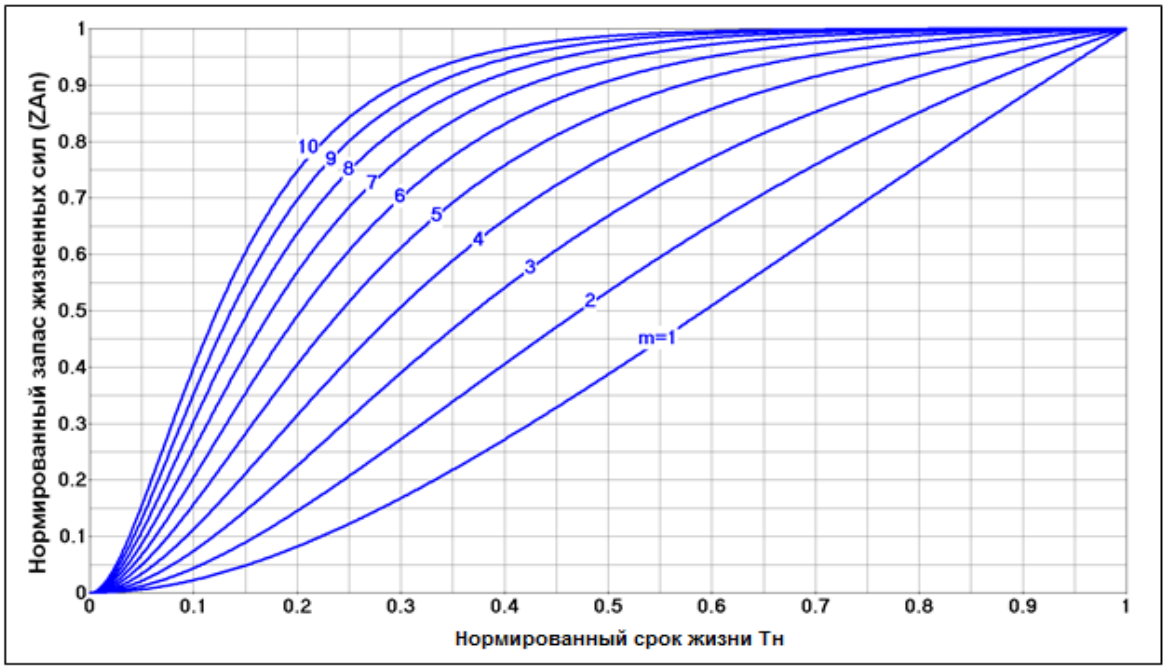


Рисунок 3.3 – Нормированный запас $ZA_n(T_н)$ жизненных сил социо-технологического процесса формирования БДД

Применительно к процессам ОБДД это надо понимать так, что бурный рост показателей БДД в течение короткого временного отрезка может сигнализировать о вариантах моделей $ZA_n(T_н)$, характеризуемых величиной $m > 5$. На взгляд автора, стратегия бурного роста показателей БДД в течение короткого временного отрезка свидетельствует именно о вариантах быстрого исчерпания запаса жизненных сил процесса совершенствования БДД ($m > 5$).

В этой связи становится тревожно за процесс повышения БДД в России в ближайшие годы. При этом «нулевая смертность» (HR = 0 погибших в ДТП/100 тыс. чел.), очевидно, является просто недостижимой идеальной целью. Известно, что высокая интенсивность расходования жизненных сил процесса (определяемая коэффициентом m) на его первоначальных этапах в итоге снижает общую эффективность этого процесса.

Сегодняшнее положение системы ОБДД в РФ в настоящий момент, с учетом данных таблиц 3.1…3.2, может быть идентифицировано диапазоном значений

$A(T_н)$ с координатами на оси абцисс [0,15; 0,25] нормированного срока жизни процесса совершенствования БДД (рисунок 3.4).

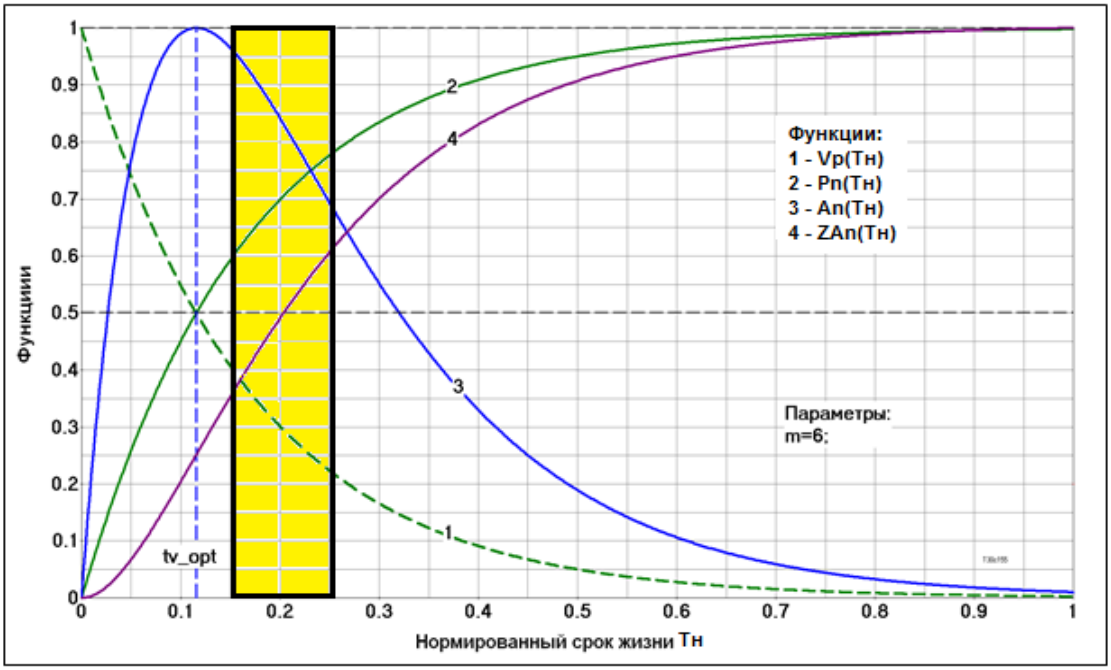


Рисунок 3.4 – Возможное положение (по состоянию на 2022…2024 гг.) характеристик процесса функционирования системы ОБДД в РФ

3.2. Исследование структурных свойств функции полезности процесса (*P*) повышения БДД

Материал раздела 3.2 ранее был частично опубликован в форме авторской статьи [360].

Рассуждая о процессах формирования полезности процесса повышения БДД необходимо проанализировать структурные особенности общей полезности (*P*). Есть два важных обстоятельства. Первое: системы ОБДД – большие и сложные, а это значит, что общая полезность *P* большой сложной системы является аддитивной композицией частных функций полезности P_i системных компонентов. Второе: общая полезность *P* системы ОБДД является следствием взаимодействия хаотичности и упорядочивания процессов в этой сфере.

Диаграмма Парето (*DP*) позволяет оценивать вклад каждого системного компонента в нормированную общую полезность (P) системы ОБДД при условии

ее нормирования. Сутью диаграммы Парето (*DP*) в отношении функции полезности процесса (*P*) является нарастающая сумма вклада каждого из четырех звеньев ($P \rightarrow N_{Vh}$; $N_{Vh} \rightarrow N_{RA}$; $N_{RA} \rightarrow N_V$; $N_V \rightarrow N_D$) причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности в итоговый результат.

Диаграмма *DP*, как правило, аппроксимируется функцией вида (3.22):

$$DP = 1 - (1 - x)^g, \tag{3.22}$$

где x - нормированный ранг, $x = r_i / r_{\max}$;

r_i - текущий ранг значимости звена причинно-следственной цепочки;

r_{max} - максимальный ранг значимости звена причинно-следственной цепочки;

g и s - показатели специфичности процесса, $g = 1 + s$.

На рисунке 3.5 представлен общий вид функции $DP = 1 - (1 - x)^g$. На рисунке 3.5 отмечена Первая точка Парето, координаты которой (f_s = 0,382; f_r = 0,618).

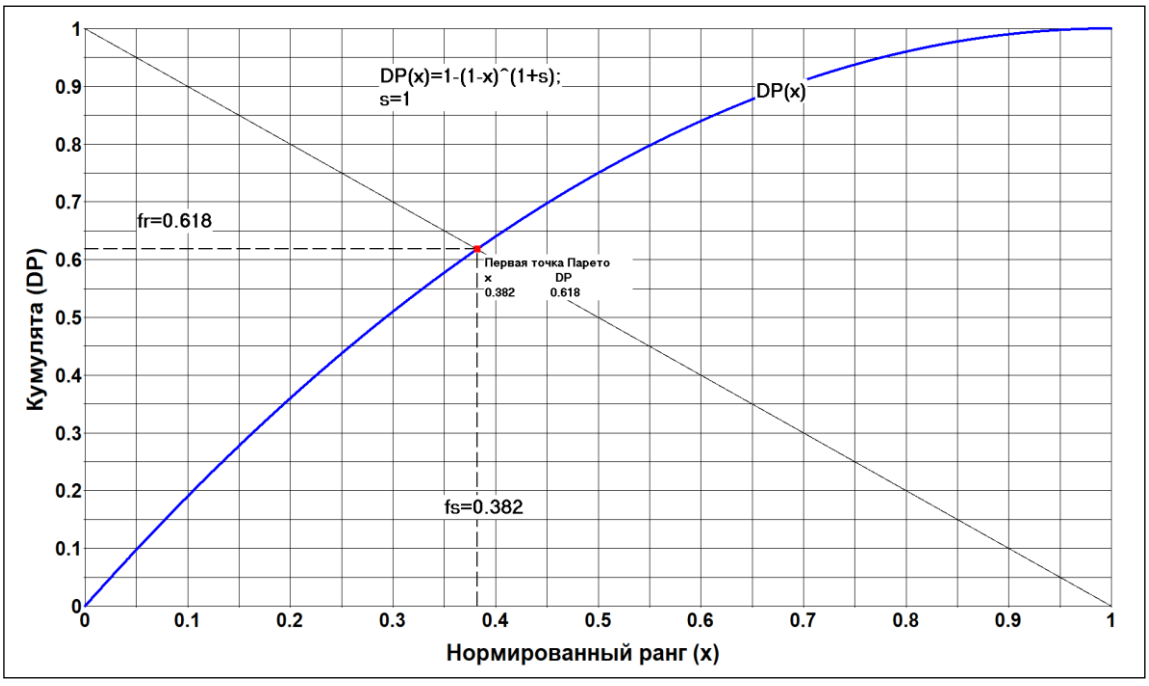


Рисунок 3.5 – Общий вид функции $DP = 1 - (1 - x)^g$

Первая точка Парето формируется как результат пересечения кривой Лоренца с диагональю *y = (1 – x)*.

Первая точка Парето соответствует закону обобщенного золотого сечения и связана с показателем *g* соотношением (3.23):

$$g = \ln(1-x)/\ln(1-x_c) \quad \text{или} \quad g = 1 + s = \frac{\ln(1-f_r)}{\ln(1-f_s)} = 2 \tag{3.23}$$

Случай, когда $g = 2$, называется классической «золотой пропорцией». Но это лишь частный случай более общего соотношения (3.24):

$$x^g + x - 1 = 0 \tag{3.24}$$

Y или кумулята (*DP*) является суммой «весов» w_i компонентов системы, поэтому каждый частный вес w_i звена причинно-следственной цепочки ($P \rightarrow N_{Vh}$; $N_{Vh} \rightarrow N_{RA}$; $N_{RA} \rightarrow N_V$; $N_V \rightarrow N_D$) определяется как (3.25):

$$w_i = DP_i - DP_{i-1} = \left(1 - \frac{i-1}{n}\right)^g - \left(1 - \frac{i}{n}\right)^g \tag{3.25}$$

Показатель специфичности процесса ($g = 1 + s$) задает степень изгиба кривой Лоренца, идентифицирующей специфику диаграммы Парето.

В качестве *X* выступает нормированный ранг *(x)* веса (значимости) звеньев причинно-следственной цепочки дорожно-транспортной аварийности в общей суммарной результативности процесса.

Отметим, что веса w_i звеньев причинно-следственной цепочки ($P \rightarrow N_{Vh} \rightarrow N_{RA} \rightarrow N_V \rightarrow N_D$) не равны, а, наоборот, разновелики, что и задает $g \geq 2$ и, соответственно, серьезный изгиб кривой Лоренца.

Нормированная диаграмма Парето по своей сути является функцией общей полезности *P*, где *x* играет роль доли определенного звена цепочки в общем потребленном системой ОБДД ресурсе. Сравнение моделей (3.12) и (3.22) свидетельствует о функциональной эквивалентности нормированной диаграммы Парето *DP(x)* полезности процесса *P(x)*.

Весовые коэффициенты w_i, найденные по (3.25), используются для решения важнейшей задачи по количественной оценке Относительной структурной энтропии H_n [361-363].

Относительная энтропия H_n играет роль структурной энтропии, характеризующей уровень организованности (или структурного совершенства) процесса или системы (3.26):

$$H_n = \left[-\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln(w_i) \right] \Big/ \ln(n). \qquad (3.26)$$

С учетом того, что диаграмма Парето суммой «весов» w_i компонентов системы, то и функция полезности $P(x)$ в аддитивной форме может быть представлена как (3.27):

$$P(x) = \sum_{i=1}^{n} P_i(x) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \left[1 - (1-x)^g \right]. \qquad (3.27)$$

где $P_i(x)$ - частная функция полезности (доля вклада i-компонента в итоговый системный результат).

Как указывает Э.М. Сороко [361-363] для большинства социо-технических систем справедлив закон «обобщенного золотого S-сечения» (ОЗС), описывающий пропорциональные соотношения между частями единичного отрезка f_r и f_s. При условии нормировки $f_r + f_s = 1$ выполняется пропорция (3.28):

$$(1/f_r)^s = (f_r/f_s) = f_r/(1-f_r) \qquad (3.28)$$

где f_r - доминанта в двухкомпонентной системе;
$1 - f_r = f_s$ - субдоминанта;
s и g - показатели; $g = 1 + s$.

Пропорция (3.28) отображает ситуации «вложенности» или фрактальности системных элементов. Из (3.28) следует (3.29):

$$f_r^g + f_r - 1 = 0 \qquad (3.29)$$

Если (3.29) представить в форме $x^g + x - 1 = 0$, то

$$(1/x)^q = x/(1-x) \qquad (3.30)$$

Как указывает Э.М. Сороко в [363], пропорция (3.30) между частями единичного отрезка выполняется для большинства ситуаций, а значит – работает закон «обобщенного золотого сечения».

Итак, классическая ситуация «золотого сечения» соответствует значению *g = 2*. При этом доминанта f_r = 0,618, а значение субдоминанты f_s = 0,382.

С позиций теории «обобщенного золотого сечения» целевой функцией управления системными процессами является удержание процесса в первой точке Парето (f_s = 0,382; f_r = 0,618). Однако вопрос об обеспечении в этой точке оптимума в смысле гармоничности остается открытым.

Само понятие «гармония» не формализовано чётко и однозначно. В то же время понятно, что общая полезность рабочего процесса в рабочей точке (первой точке Парето) тем выше, чем больше значение параметра *g*. При низких значениях *g* увеличиваются системные потери Z_1 из-за низкого качества самой системы. При высоких значениях *g* эффективность системы возрастает, но, одновременно, возрастают и дополнительные затраты Z_2 на реализацию ее функционирования. Таким образом, необходимо установить параметры режима оптимизации процесса ОБДД. Необходимо понять, при каких условиях наблюдается минимум суммарных затрат Z и каково значения достигаемого экстремума $Z_{\min}$.

Решение этой задачи дано в работе [364].

Запишем (3.29) в форме (3.31):

$$1 - f = f^g, \qquad (3.31)$$

где f - доминанта режима «обобщенное золотое сечение».

Левая часть уравнения $(1-f)$ характеризует негатив, связанный со снижением доминанты *f*, а правая (f^{g}) характеризует позитив, обусловленный её ростом. Негатив $(1-f)$ приводит к пропорциональным потерям $Z_1 = C_1 \cdot (1-f)$ (здесь C_1 – цена), а позитив f^{g} – который бесплатно не даётся – требует для своего поддержания пропорциональных затрат $Z_2 = C_2 \cdot f^{g}$.

Таким образом, суммарные затраты на функционирование системы ОБДД составляют (3.32):

$$Z = Z_1 + Z_2 = C_1 \cdot (1-f) + C_2 \cdot f^{g}. \quad (3.32)$$

Суть идей работы [364] заключается в том, что гармоничным признается режим минимизации суммарных затрат ресурса в локализации первой точки Парето (*g* = 2). Уровень суммарных, на организацию процесса ОБДД, затрат Z определяется как (3.33):

$$Z = Z_{\max} \cdot \left(1 - f + m \cdot f^{g}\right), \quad (3.33)$$

где $$m = \frac{1}{g \cdot f_r^{g-1}}.$$

Нормированное значение затрат равно Z_n

$$Z_n = Z / Z_{\max} = \left(1 - f + m \cdot f^{g}\right). \quad (3.34)$$

Минимум затрат на обеспечение функционирования системы ОБДД достигается при условии $dZ_n / df_r = 0$. Значение экстремума Z_n в этой ситуации равно (3.35):

$$Z_{n\min} = 1 - f_r \cdot (1 - 1/g). \quad (3.35)$$

Уровень минимальных суммарных затрат составляет (3.36):

$$Z_{\min} = Z_{\max} \cdot \left[1 - f_r \cdot (1 - 1/g)\right]. \quad (3.36)$$

3.3. Установление взаимосвязи структуры системы ОБДД и ее полезности *P* (результативности)

Материал раздела 3.3 ранее был частично опубликован в форме авторской статьи [360].

Итак, установлено, что ключевой характеристикой полезности процесса (*P*) повышения БДД является показатель *g*. Этот показатель определяет особенности структуры (3.22) весовых коэффициентов w_i звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности. Кроме того, показатель *g* определяет и уровень позитива (успеха, результативности, КПД и т.п.) при потреблении доступного ресурса (например, определенного объема финансирования по бюджетной статье БДД).

Структура весовых коэффициентов w_i звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности связана и с относительной энтропией H_n (3.26) в форме графической зависимости, представленной на рисунке 3.6. Здесь показаны несколько вариантов зависимости, соответствующих слуаям различного числа звеньев причинно-следственной цепочки.

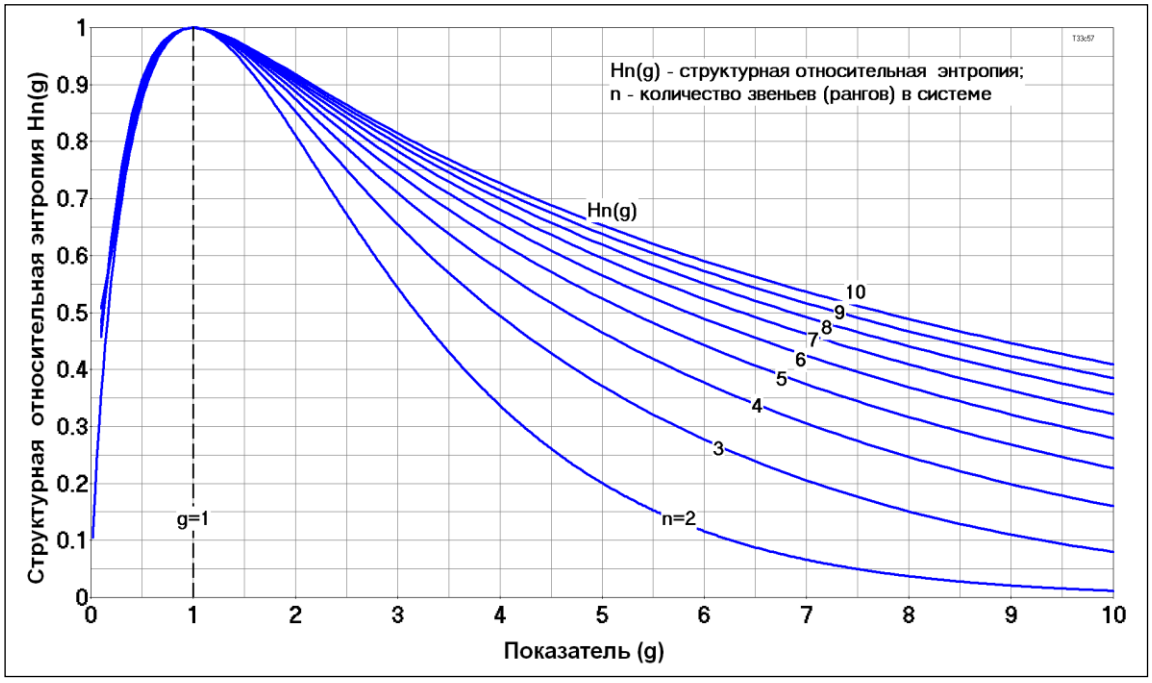


Рисунок 3.6 – Графическое изображение зависимости $H_{n\,БДД} = f(g)$

Управление любым системным процессом, как отмечают классики менеджмента [365-366], основывается на грамотном выборе цели.

Любая цель может быть формализована [366], причем, чаще всего с позиций эффективности.

Эффективность системы (процесса) – это отношение результативности этой системы (процесса) к затратам системного ресурса на достижение планового уровня плановых результатов [366].

Разберем идеологию понятия «результативность». Для любого процесса характерно наличие главной цели и формирование побочных (дополнительных) эффектов. Успех в достижении главной цели обычно связан с доминантой f_r. Чем значительнее доминанта f_r, тем позитивней управленческий результат. Доминанта f_r выступает в качестве меры общей полезности и, следовательно, может являться характеристикой результативности процесса функционирования всей системы. Построение моделей статистической связи $P = f(g)$ между общей полезностью системы P и затраченным ресурсом g – является средством качественной оценки успехов управляющего звена в построении систем ОБДД. При этом общая системная полезность P и затраченный на ее достижение ресурс g – являются характеристиками результативности управления системой ОБДД. Назовем характеристику g «системной добротностью» [364].

Таким образом, возможны два варианта оценки результативности (3.37 и 3.38).

$$EF_1 = f_r / Z \to \max \tag{3.37}$$

$$EF_2 = g / Z \to \max \tag{3.38}$$

Сравнение этих двух вариантов на предмет предпочтительности выбора показал, что вариант (3.38) более выгоден, т.к. обеспечивает более высокую эластичность EF относительно общей полезности P (3.39).

$$EF_2 / EF_1 = g / f_r \tag{3.39}$$

В случае варианта обобщенного золотого сечения (т.е. при $g = 2$; $f_r = 0{,}618$) соотношение EF_2 / EF_1 равно 3,23 [360].

Графики зависимости эффективности EF_2 от доминанты f_r для систем ОБДД (с различным уровнем добротности g) приведены на рисунке 3.7.

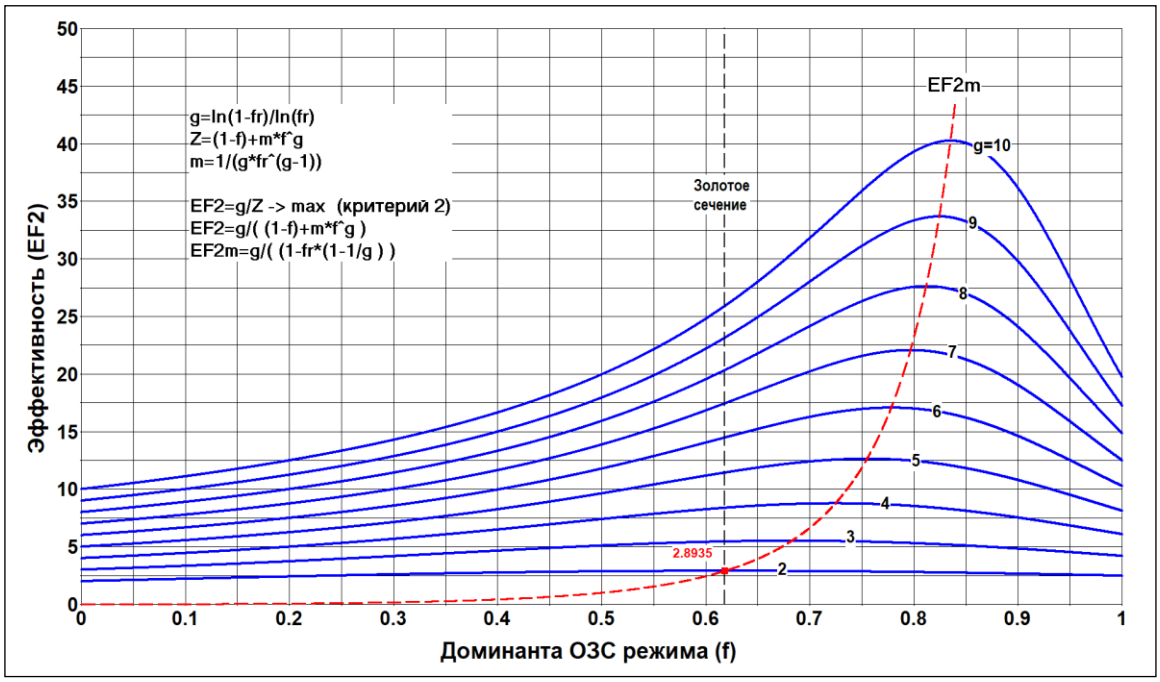


Рисунок 3.7 – Модель эффективности процесса (системы) ОБДД $EF_2 = f(f_r)$

Не должно быть иллюзии, что рост системной эффективности ничем не ограничен. Как было показано ранее (3.31) с ростом добротности g повышаются затраты на системное функционирование. По данным [367] системные затраты Z пропорциональны величине показателя системной добротности g.

Т.е. чем более качественная система ОБДД создана и используется, тем больше затрат требуется для удержания ее в рабочем состоянии. Объясняется это тем, что в случае высокого уровня системной добротности g, система ОБДД находится в маловероятном состоянии, требующем усилий по постоянному снижению уровня $H_{n\ БДД}$. Выражаться это может в высоких затратах на продвижение компонентов системы БДД, а именно в форме затрат на:

- обучение водителей и слежения за их последующим поведением в рамках управления транспортными средствами; обеспечение БДД для пешеходов (компонент системы ЧАДС «Человек»);
- обеспечение высокого исходного и текущего качества транспортных средств, слежение за поддержанием необходимого уровня технической исправности (компонент системы ЧАДС «Автомобиль»);
- обеспечение высокого качества дорог (компонент «Дорога»);
- оперативное противодействие негативному влиянию Среды (компонент «Среда»).

3.4. Концептуальная модель гармоничности систем ОБДД

Материал раздела 3.4 ранее был частично опубликован в форме авторской статьи [360]. Естественно, что при высоких ресурсных затратах Z на функционирование системы ОБДД повышается вероятность ее бифуркации. Связано это с тем, что, согласно диалектическому закону единства и борьбы противоположностей, при росте показателя системной добротности g снижается устойчивость системы. При повышении ресурсных затрат Z одновременно растет полезность системы ОБДД и снижается доля остаточного ресурса, необходимого на реализацию жизненной силы A процесса. Например, в связи с введением систем фото- и видеофиксации нарушений ПДД было осуществлено сокращение числа сотрудников ДПС Госавтоинспекции МВД РФ. Но устойчивость системы определяется именно величиной жизненной силы процесса A. Таким образом, системная эффективность растет, достигает некоего максимума, а затем начинает снижаться (рисунок 3.7). Таким образом, возникает предположение о существовании некоего оптимального режима функционирования системы ОБДД. Такой режим можно назвать гармоничным.

На рисунке 3.8 представлена концептуальная модель формирования гармонии сложной системы. Не рассматривая в деталях процессы формирования устойчивости системы ОБДД (займемся этим позже), обратим особое внимание на ту ветвь концептуальной модели формирования гармонии, что приоритетно

связана с формированием системной полезности (верхняя ветвь модели рисунка 3.8).

Основой нижеследующих рассуждений являются идеи так называемых *F*-технологий (*F* - Fibonacci), в последние годы активно развиваемые в Институте систем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук [368-369].

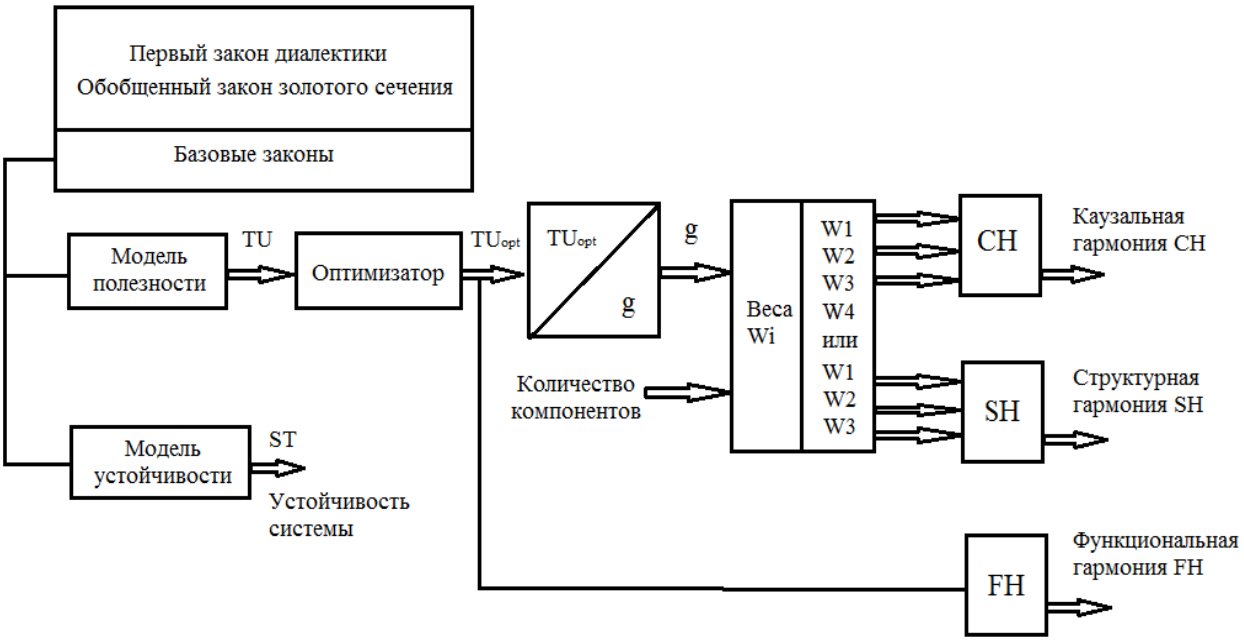


Рисунок 3.8 – Концептуальная модель гармонии систем обеспечения БДД

С учетом диалектического закона единства и борьбы противоположностей и закона обобщённого золотого сечения Э.М. Сороко [361-363] можно сформулировать тезис о парном существовании позитива и негатива процесса:

Позитив (a) + негатив (b) = универсум (1)

или

сэкономленный ресурс (a) + недополученную полезность (b) = 1

Запишем это выражение как (3.40):

$$a + b = 1, \qquad (3.40)$$

где a - доминанта, $a = 1 - x_c$;

b - субдоминанта, $b = 1 - P$;

x_c - доля затраченного ресурса на достижение цели;

P - доля полученной полезности от максимально возможной.

Согласно закону обобщенного золотого сечения (3.41 – 3.43):

$$\left(\frac{1}{a}\right)^s = \frac{a}{b}. \tag{3.41}$$

$$\left(\frac{1}{1-x_c}\right)^s = \frac{1-x_c}{1-P}. \tag{3.42}$$

$$P(x_c) = 1-(1-x_c)^g, \tag{3.43}$$

где g – добротность системы, $g = 1 + s$.

Графики функции нормированной общей полезности P для различных вариантов доли потребленного ресурса (X_c) приведены на рисунке 3.9.

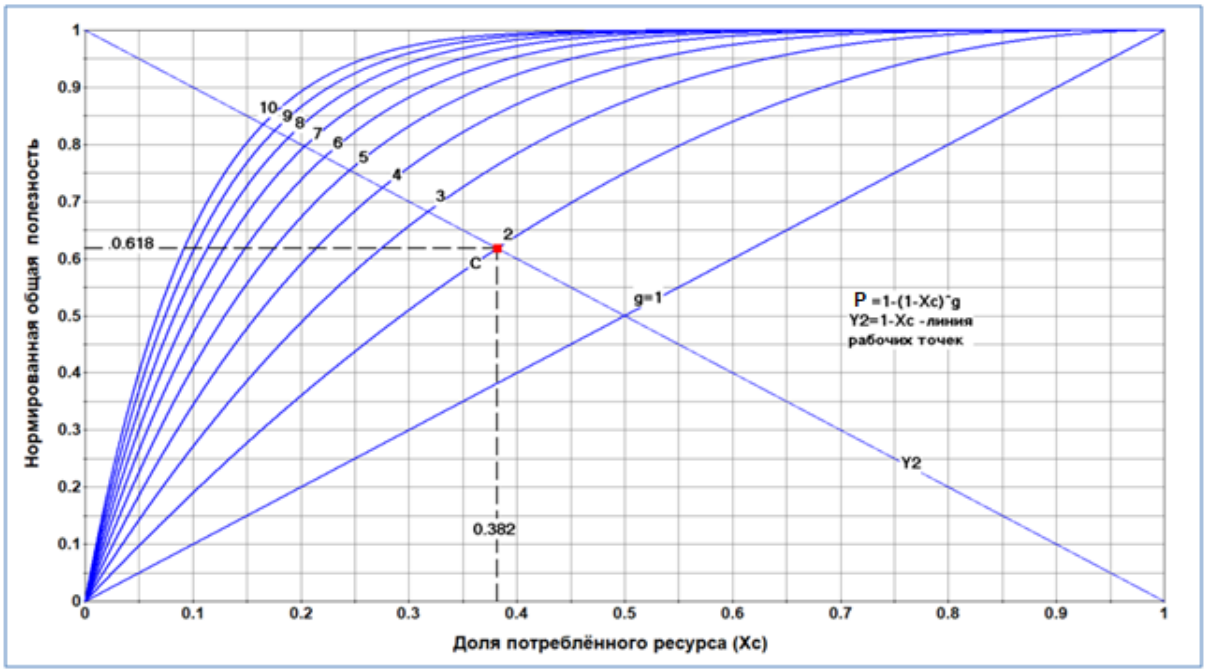


Рисунок 3.9 – Графики функции нормированной общей полезности $P = f(X_c)$

Все устойчивые решения, отвечающие обобщенному золотому сечению, располагаются на диагонали $Y_2 = 1 - x_c$. Согласно закону единства и борьбы

противоположностей, между системным позитивом и негативом существует противоречие. Тем не менее, для большинства систем характерно состояние равновесие, что возможно только при наличии системного баланса [284, 370-372].

Существует оптимальное состояние системы, определеяемое точкой оптимума ($x_c = x_{opt}$).

При этом должны одновременно выполняться два условия:

- с учетом закона диалектики о единстве и борьбе противоположностей, $a+b=1$ (здесь $a=1-x_c$; $b=1-P$) должно соблюдаться условие $a+b=(1-x_c)+(1-P)=1$, т.е. $P=1-x_c$;
- с учетом обобщенного золотого сечения, $P=1-(1-x_c)^g$.

Таким образом, в точке оптимума (где $x_c = x_{opt}$) имеем (3.44):

$$1-x_{opt}=1-(1-x_{opt})^g. \tag{3.44}$$

из чего следует, что добротность *g* системы равна (3.45):

$$g=\frac{\ln(x_{opt})}{\ln(1-x_{opt})}. \tag{3.45}$$

Выражение (3.45) идентично по сути выражению (3.23), различаясь лишь заменой f_s на x_{opt}. Подстановка (3.45) в (3.43) даёт важный итог (3.46):

$$P_{opt}=1-(1-x_{opt})^{\frac{\ln(x_{opt})}{\ln(1-x_{opt})}}=1-x_{opt}. \tag{3.46}$$

Отсюда (3.47):

$$P_{opt}=1-x_{opt}. \tag{3.47}$$

С учетом (3.47) можно утверждать, что:

- оптимальные решения P_{opt} всегда располагаются на диагонали (3.47);

- добротность системы *g* ОБДД в точке оптимума равна $g = \frac{\ln(x_{opt})}{\ln(1 - x_{opt})}$;
- гармоничными являются режимы функционирования систем ОБДД, соответствующие диагонали $Y_2 = 1 - x_c$;
- как показано в работе [373] «веса» ω_i компонентов системы ОБДД определяются уровнем системной добротности *g* (3.25).

В режиме «золотого сечения» (когда $g = 2$) формула (3.25) принимает вид (3.48):

$$\omega_i = \frac{2}{n} - \frac{(2 \cdot i - 1)}{n^2}. \qquad (3.48)$$

Возвращаясь вновь к вопросам системной устойчивости, укажу, что для системного анализа, пожалуй, нет понятия важнее устойчивости. Оно предопределяет успешность функционирования анализируемой сложной системы.

Устойчивость системы может оцениваться в разных метриках. Вспоминая, что *Позитив (P = a) + негатив (N = b) = универсум (1),* перенесем эти понятия на системные проявления (3.49):

$$a + b = P + N = 1. \qquad (3.49)$$

Суть позитива *(P)* – постепенное повышение полезности системы; проявлением негатива *(N)* является потеря системой устойчивости.

Итак, основой организованности системы ОБДД является ее структурная устойчивость. Поддержание структурной устойчивости системы в условиях негативного воздействия хаоса внешней среды является следствием высокого уровня системной организованности (структурной упорядоченности элементов системы; звеньев процесса). Организованность системы определяется особенностями «весового» распределения значимости звеньев процесса, идентифицируемых на нормализованной диаграмме Парето. Количественно это выражается степенью кривизны кривой Лоренца диаграммы Парето.

3.5. Составные элементы гармоничности систем ОБДД

Такое системное свойство, как гармоничность, необходимо изучать с трёх позиций [363]. На рисунке 3.8 показано, что структура гармоничности троична и определяется каузальной гармонией *CH*, структурной гармонией *SH* и функциональной гармонией *FH*.

Каузальная гармония CH характеризует причинные влияния одной части системы на другую (характер, механизм). Суть *Структурной гармонии SH – оценка соразмерности системных частей.* Характеризуя *Функциональную гармонию FH* системы, надо отметить, что здесь речь идет об оценке взаимосоглосованности и синхронности функционирования системных частей. По мнению Э.М. Сороко [362-363] критерием системной гармоничности является ее функционирование в режиме классического золотого сечения, т.е. при добротности системы, характеризуемой $g = 2$. Насколько характерен показатель добротности $g = 2$ для систем ОБДД российских городов? Проверим это на фактах. Для конкретного примера рассмотрим вариант использования причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности версии *H-3.1* (ранее представлена на рисунке 2.24). При оценке системной гармоничности предметом анализа являются соотношения между тремя весовыми коэффициента ранговой диаграммы Парето: ω_N , ω_{RA}, ω_D . Сумма весов, как было указано ранее, должна соответствовать условию нормировки $\sum_{i=1}^{3} \omega_i = 1$.

Каузальный анализ – анализ причин и следствий. Первопричиной аварийности является феномен автомобилизации *A,* дорожно-транспортная аварийность является следствием автомобилизации. В этой связи при оценке каузальной гармонии необходимо моделировать зависимости «весов» ω_{RA} и ω_D от «веса» ω_N (рисунок 3.10). Практический интерес также представляет и соотношение между «весами» ω_{RA}/ω_N и ω_D/ω_N .

Это соотношение приведено на рисунке 3.11.

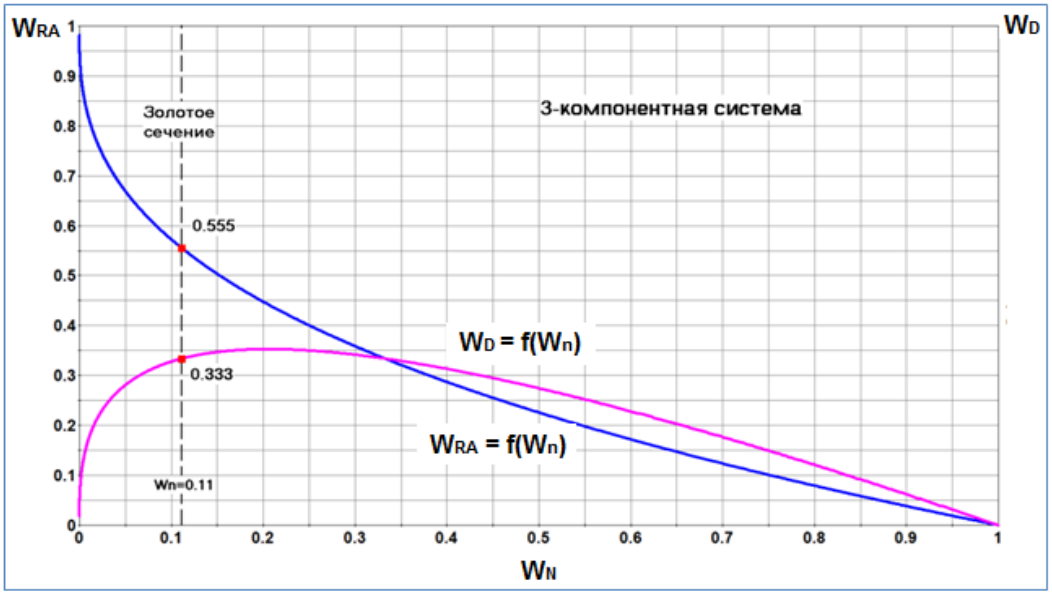


Рисунок 3.10 – Каузальная гармония весовых коэффициентов ω_i

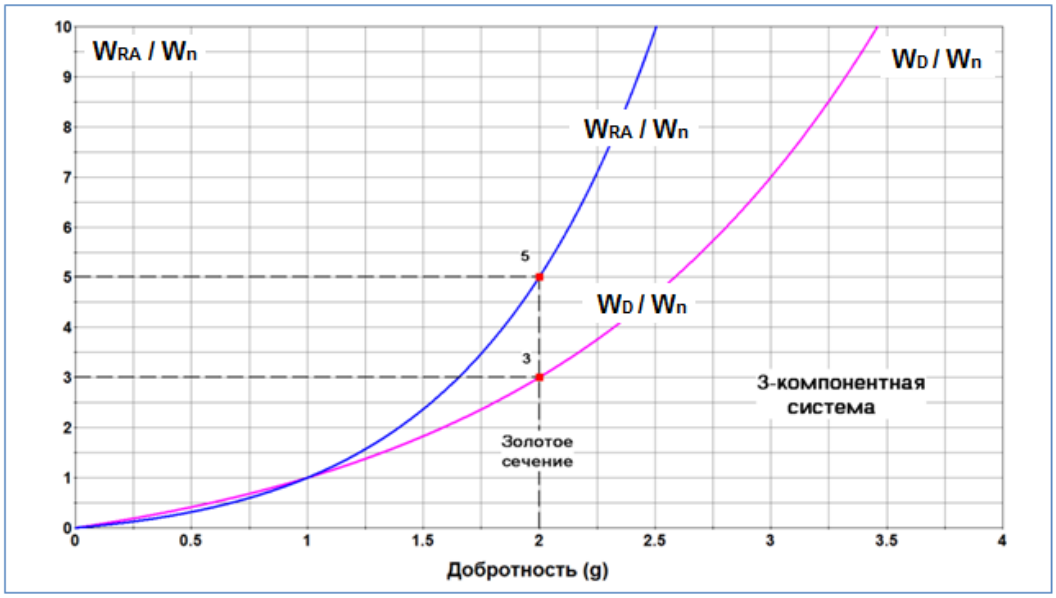


Рисунок 3.11 – Соотношение между «весами» ω_{RA}/ω_N и ω_D/ω_N .

Структурный анализ – идентификация соотношений между «весами» ω_{RA}, ω_D и ω_N в условиях поддержания системного «золотого сечения».

Для случая g = 2 весовые коэффициенты значимости звеньев детерминированы (рис. 3.12).

Их соотношения (ω_{RA} = 0,555; ω_D = 0,333; ω_N = 0,111) вычислены с учетом выражений (3.50) и (3.51):

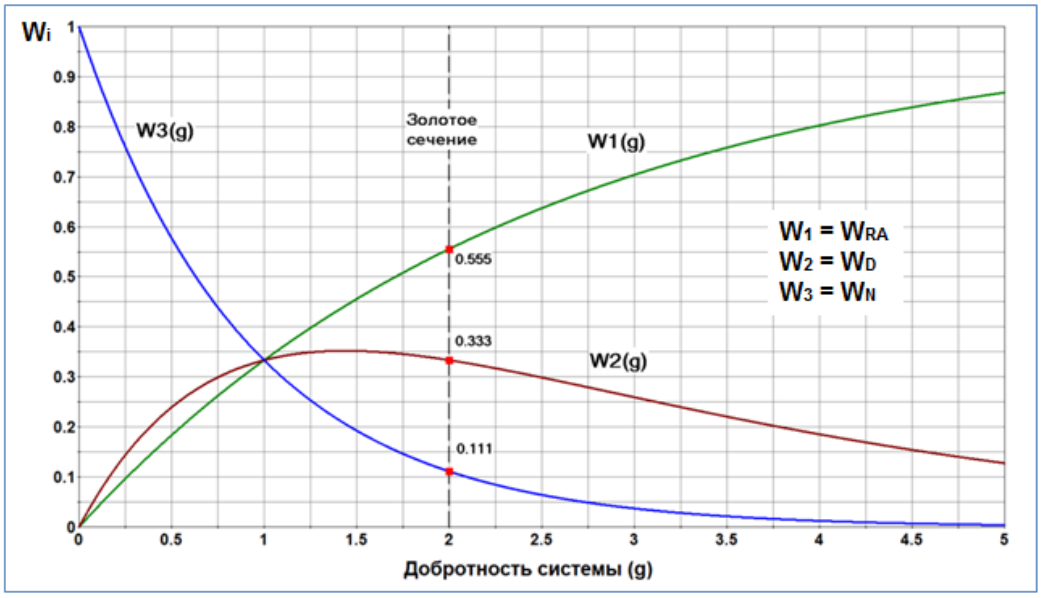


Рисунок 3.12 – Структурная гармония весовых коэффициентов ω_i в режиме золотого сечения

$$\omega_i = \frac{2}{n} - \frac{(2 \cdot i - 1)}{n^2}; \tag{3.50}$$

$$\omega_i = \left(1 - \frac{i-1}{n}\right)^g - \left(1 - \frac{i}{n}\right)^g \tag{3.51}$$

Функциональный анализ основан на идентификации функциональной гармонии (рисунок 3.13).

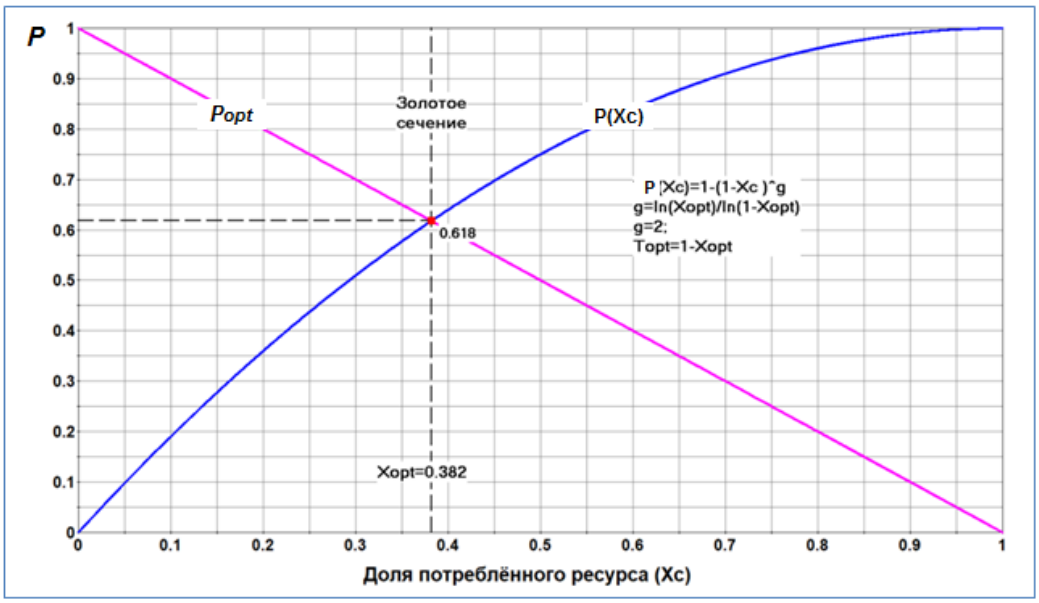


Рисунок 3.13 – Функциональная гармония весовых коэффициентов ω_i

Функциональная гармония наблюдается при варианте золотого сечения и связана с оптимальным уровнем нормированной полезности P_{opt} = 0,618.

3.6. Пример теоретического решения задачи оценки системной гармоничности применительно к системе ОБДД РФ

В течение последних 17 лет (2008…2025) абсолютные показатели БДД в России постепенно улучшаются (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Изменение основных показателей БДД в Российской Федерации в течение 2008…2025 гг.

Показатели БДД	Численные показателей значения по годам								
	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2025
Число ДТП, ед.	217557	199083	203597	199720	173694	168099	137662	126705	128793
Число погибших	29936	26567	27991	26963	20308	18214	15788	14172	13943

Анализ (глава 1) показал, что факторы, способствующие формированию этой положительной тенденции весьма разнообразны, но в целом их можно классифицировать на факторы, связанные с изменением поведения участников дорожного движения (повышение транспортной культуры российского населения), с повышением качества парка транспортных средств граждан РФ, улучшением качества дорожно-транспортной инфраструктуры.

Естественным итогом долговременного снижения показателей дорожно-транспортной аварийности в России стало значительное снижение Относительной энтропии $H_{n\,РФ}$ системы ОБДД РФ и повышение ее добротности g (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Изменение величины Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3.1}$ и добротности g системы ОБДД в Российской Федерации в течение 2008…2025 гг.

Показатели БДД	Численные показателей значения по годам								
	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2025
Относительная энтропия системной БДД H_n	0,847	0,831	0,817	0,796	0,780	0,775	0,755	0,742	0,738
Добротность системы ОБДД g	2,027	2,098	2,166	2,262	2,346	2,374	2,465	2,491	2,506

Положительная динамика в течение 2006…2025 гг. изменения показателя добротности g системы ОБДД РФ весьма внушительна. При этом со временем меняется соотношение весовых коэффициентов ω_i.

На основании этой динамики можно судить об изменениях всех трех видов системной гармонии – структурной, каузальной и функциональной. Рассмотрим фактические данные, характеризующие весовые коэффициенты ω_i и сделаем выводы о динамике гармоничности системы ОБДД в России в течение последних 17 лет (2008…2025). В таблице 3.5 и на рисунке 3.14 представлены данные об изменении в 2008…2025 гг. значений весов ω_i системы ОБДД РФ.

Таблица 3.5 – Изменение (2008…2025 гг.) численных значений весовых коэффициентов ω_i

Весовой коэффициент ω_i	Численные показателей значения по годам								
	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2025
$\omega_1 = \omega_{RA}$	0,610	0,622	0,633	0,647	0,654	0,655	0,670	0,678	0,679
$\omega_2 = \omega_D$	0,235	0,235	0,232	0,233	0,242	0,247	0,237	0,231	0,233
$\omega_3 = \omega_N$	0,155	0,143	0,134	0,120	0,104	0,098	0,093	0,091	0,088

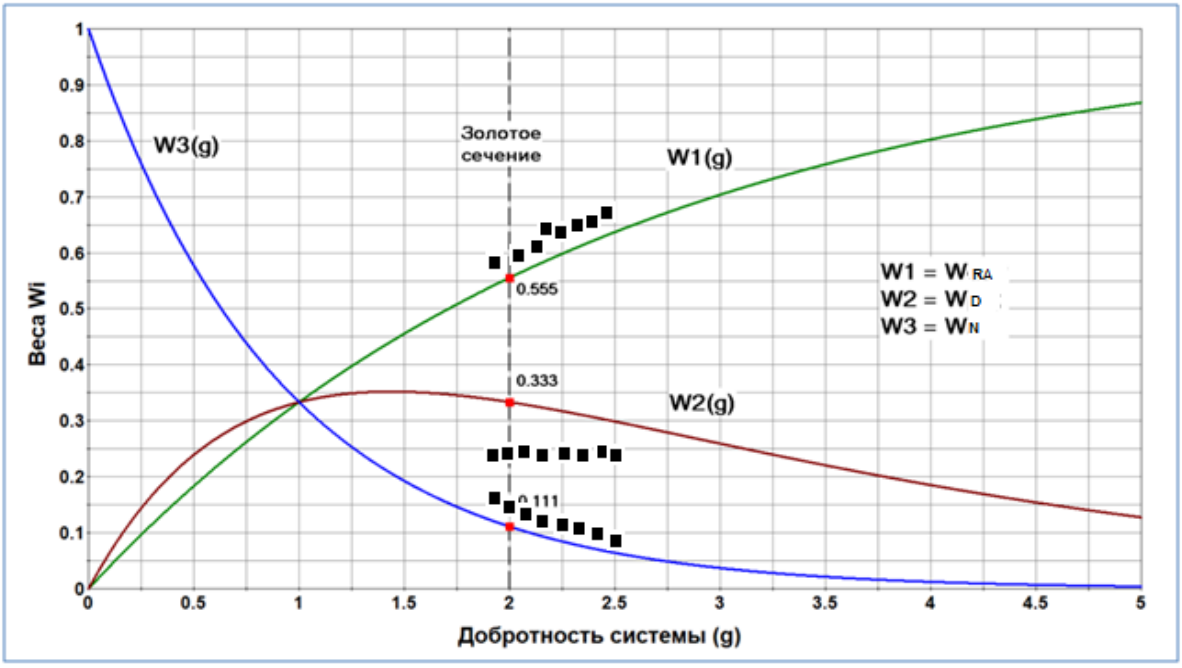


Рисунок 3.14 – Фактическая динамика весовых коэффициентов ω_i системы ОБДД РФ

Сравнение теоретической и фактической картины динамики изменения весовых коэффициентов ω_i системы ОБДД в России в течение 17-летнего периода показывает достаточно высокий уровень соответствия моделей действительности.

Анализ динамики значений весовых коэффициентов ω_i позволяет сделать вывод о почти двукратном снижении (на 43,3 %) в течение последних 17 лет значения «веса» ω_N, об увеличении на 11,3 % «веса» ω_{RA} и очень неоднозначном поведении «веса» ω_D (то растет, то убывает).

К 2018 г. «вес» ω_D увеличился на 6 % относительно уровня 2008 г., но в 2020-2025 гг. «вес» или значимость ω_D снова значительно снизилась. Это объясняется значительным ростом тяжести ДТП именно в 2020-2025 гг. Причина этого – рост скоростей движения транспортных средств в России в 2020-2021 гг. в условиях относительного разряжения транспортного потока, связанного с антиковидными ограничениями мобильности населения и изменением социального фона жизни россиян в условиях СВО (2022-2025 гг.). Об этом же свидетельствует статистика динамики штрафов за нарушение требований ПДД.

Каузальная гармония изучаемой системы ОБДД в России определяется на основании оценки соотношения весов $\frac{\omega_D}{\omega_{RA}}$. Этот коэффициент идентифицирует соотношение значимости «весов» звеньев «Число ДТП – Число погибших в ДТП» ω_D и «Парк транспортных средств – Число ДТП» ω_{RA} причинно-следственной цепочки. В таблице 3.6 и на рисунке 3.15 представлены данные об изменении в 2008…2025 гг. значений отношения $\frac{\omega_D}{\omega_{RA}}$ в РФ.

Таблица 3.6 – Изменение (2008…2025 гг.) численных значений отношения $\frac{\omega_D}{\omega_{RA}}$

Отношение	Численные значения отношения по годам								
	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2025
$\frac{\omega_D}{\omega_{RA}}$	0,385	0,378	0,377	0,360	0,370	0,377	0,353	0,340	0,337

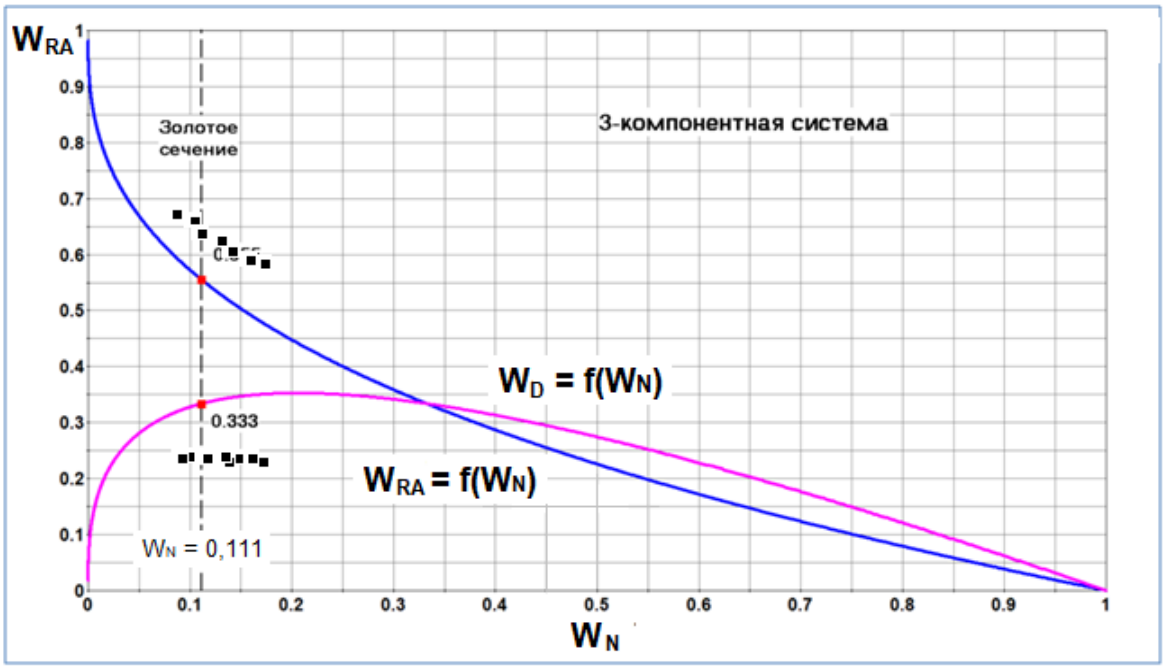


Рисунок 3.15 – Фактическая динамика отношения $\frac{\omega_D}{\omega_{RA}}$ для системы ОБДД РФ

По величине отношения $\frac{\omega_D}{\omega_{RA}}$ можно судить о благополучии в сфере каузальной гармонии системы ОБДД России. Функционал системы ОБДД оценивается посредством соотношения фактического уровня нормированной функциональной полезности P и доли потребленного ресурса X_c и фактически идентифицируется координатой первой точки Парето на графике $P = f(X_c)$.

В таблице 3.7 представлены данные об изменении в 2008…2025 гг. численных значений фактического уровня нормированной функциональной полезности P системы ОБДД России. Судя по динамике значений P можно констатировать, что система ОБДД РФ медленно, но все же совершенствуется.

Таблица 3.7 – Изменение численных значений нормированной функциональной полезности P системы ОБДД России в течение 2008…2025 гг.

Характеристика	Численные значения отношения по годам								
	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2025
Нормированная функциональная полезность P системы ОБДД	0,620	0,626	0,631	0,639	0,644	0,646	0,652	0,660	0,664

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОССИЙСКИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПРЕДМЕТ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНОЙ СПЕЦИФИКИ

Идеи и некоторые материалы данного раздела ранее были представлены в авторских статьях [35-37, 203-207, 359, 378-380].

4.1. Источники экспериментальной информации и идентификация достоверности экспериментальных данных

Данное диссертационное исследование основывается на официальной информации о фактической аварийности в регионах и городах России, представленной на официальных сайтах Госавтоинспекции МВД РФ [151] и в аналитических материалах Научного Центра ГАИ МВД [149-150].

Любая научная работа в обязательном порядке должна иметь в своем составе раздел «Определение погрешности». Погрешность – это разница между измеренным в ходе научных исследований и истинным значениями какой-либо искомой величины [374]. Любая исследовательская деятельность сопряжена с наличием некоторой степени неопределенности результатов, связанной с ограничениями выбранного метода (или точностью инструментария), а также с влиянием каких-либо внешних факторов.

Погрешности могут быть классифицированы, с учетом разных признаков, на систематические / случайные и абсолютные / относительные [374]. В случае работы с официальными статистическими данными, характеризующими состояние БДД в разных регионах и городах РФ, мы неизбежно имеем дело с погрешностями, скорее относящимся к группе систематических. Это связано с несовершенством (хотелось бы верить, что относительным) всей системы учета случаев дорожно-транспортной аварийности в России. Избежать влияния на статистическую достоверность данных о показателях дорожно-транспортной аварийности систематических погрешностей данных, использованных в ходе подготовки отчетной статистической информации

о БДД, практически невозможно [375] и можно лишь надеяться, что эти ошибки были сделаны непреднамеренно и сдвиг отчетных данных осуществлялся относительно истинных значений только в одну сторону. В этом случае формируется систематическая ошибка. Это вполне возможно, когда в этом есть явная или скрытая заинтересованность ответственных лиц, отвечающих за результат своей деятельности [376-377]. Объективная значимость систематической погрешности много ниже, чем случайной. С целью детального рассмотрения проблематики достоверности статистических данных о дорожно-транспортной аварийности диссертантом была подготовлена статья [378], опубликованная в солидном иностранном журнале статуса Q_1, рецензируемом в рамках WoS.

4.2. Первоначальная идентификация специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах (городах) Российской Федерации

4.2.1. Понятие *специфики* дорожно-транспортной аварийности

В данном диссертационном исследовании будет рассматриваться дорожно-транспортная аварийность только по тем 82 регионам и 3 городам федерального значения (Москва, Санкт-Петербург и Севастополь), по которым есть корректная официальная статистика о дорожно-транспортной аварийности [149-150]. По 4 субъектам РФ (Донецкая, Луганская, Запорожская и Херсонсая области) достоверная статистика по БДД, к сожалению, отсутствует. Региональные системы ОБДД этих регионов из сравнения исключены.

Для систем ОБДД каждого российского региона (города) характерна определенная специфика, задаваемая особенностями показателей, связывающих блоки причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности в субъектах РФ (рисунок 4.1).

Связи между блоками причинно-следственной цепочки (для регионов) характеризуются четырьмя показателями БДД, а именно: *Социальным риском HR, Транспортным риском TR, Масштабностью ДТП, Тяжестью ДТП* (рисунок 4.1).

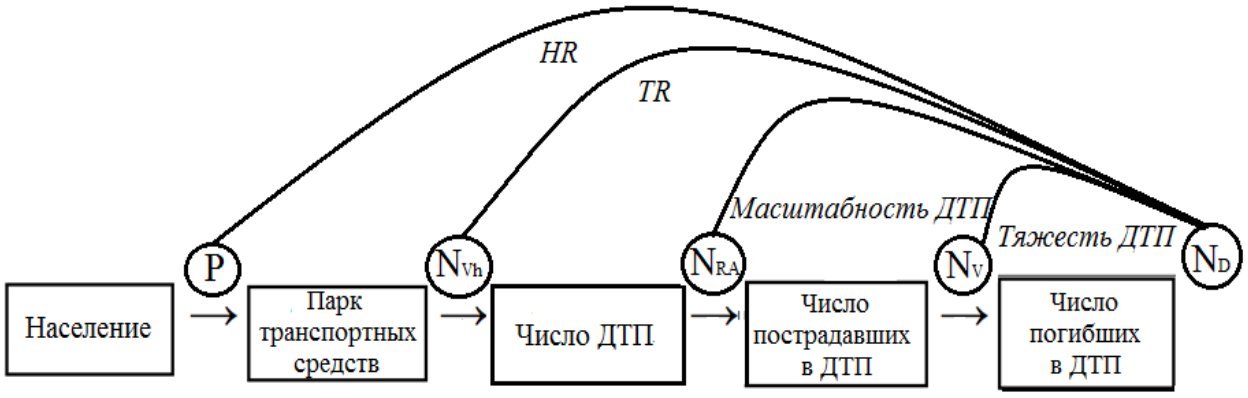


Рисунок 4.1 – Связь между абсолютными показателями БДД,
опосредованная через показатели относительные (для региональных систем ОБДД)

Величины относительных показателей дорожной аварийности – «Социальный риск *HR*» (4.1), «Транспортный риса *TR*» (4.2), «Масштабность ДТП *Масшт.ДТП*» (4.3) и «Тяжесть последствий ДТП *Тяж.ДТП*» (4.4) определяются с учетом данных Госавтоинспекции МВД РФ [151] о статистике годового числа ДТП $N_{ДТП}$, годового числа пострадавших в ДТП $N_{постр.ДТП}$, годового числа погибших в ДТП $N_{пог.ДТП}$, данных ГАИ о величине автопарка N_{TC} [151] и данных Росстата [201] о численности населения P:

$$HR = N_D / P, \text{ погибших в ДТП/100 тыс. чел.} \quad (4.1)$$

$$TR = N_D / N_{Vh}, \text{ погибших в ДТП/100 тыс. ТС.} \quad (4.2)$$

$$Масшт._{ДТП} = N_D / N_{RA}, \text{ погибших в ДТП/1 ДТП} \quad (4.3)$$

$$Тяж._{ДТП} = (N_D / N_V) \cdot 100\ \%, \% \quad (4.4)$$

где N_D - годовое число погибших в ДТП, чел.;
P - медианное по году значение населения региона (города), чел.
N_{Vh} - медианное по году значение численности парка ТС региона (города), ед.
N_{RA} - годовое число ДТП в регионе (городе), ед.
N_V - годовое число пострадавших в ДТП, чел.

Автором показателей Социальный *HR* (4.1) и Транспортный (4.2) *TR* риски является Р. Смид [95].

Характеристика Масштабности ДТП *Масшт.* $_{ДТП}$ – вновь введенное автором диссертации понятие – определялась как (4.3). Показатель Тяжести ДТП *Тяж.* $_{ДТП}$ используется Госавтоинспекцией МВД РФ для идентификации доли погибших в числе пострадавших в ДТП (4.4).

По причине отсутствия достоверной информации о численности и структуре парков транспортных средств в городах, для систем ОБДД российских городов схема рисунка 4.1 трансформируется в схему, представленную на рисунке 4.2.

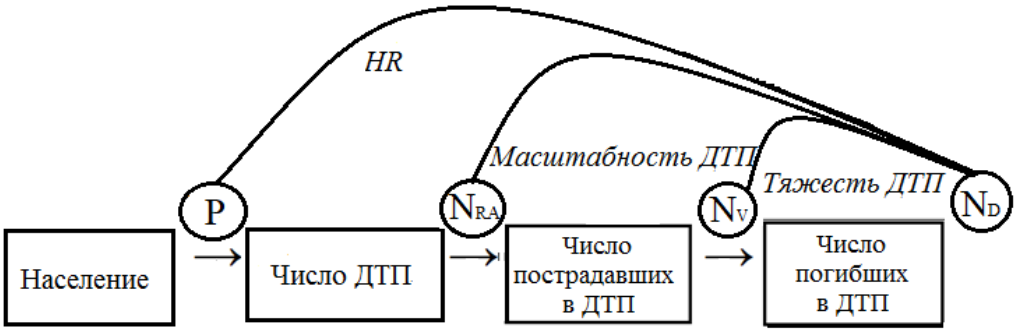


Рисунок 4.2 – Связь между абсолютными показателями БДД,
опосредованная через показатели относительные (для городских систем ОБДД) [379]

В различных регионах - субъектах РФ (также как и в городах) очень по-разному формируются соотношения между различными блоками цепочки, что и задает определенную *специфичность* дорожно-транспортной аварийности.

Эту специфичность достаточно легко первично идентифицировать на уровне сравнения величин показателей *Социальный риск HR* (характеристика общей ситуации в сфере БДД) и *Тяжесть ДТП Тяж.* $_{ДТП}$ (характеристика тяжести последствий ДТП). Пример по идентификации первичной специфики дорожно-транспортной аварийности будет представлен в разделе 4.2.2.

Примеры расчета величин относительных показателей БДД (4.1)… (4.4) представлены в Приложении 1 (в отношении регионов РФ – данные 2025 г.). и Приложении 2 (в отношении городов РФ с населением более 250 тыс. чел. – данные 2021 г.).

Другой вариант идентификации специфичности региональной (или на уровне отдельных городов) дорожно-транспортной аварийности – построение

корреляционно-регрессионных моделей связи между пятью (схема рисунка 4.1) или четырьмя (схема рисунка 4.2) блоками причинно-следственных цепочек. Этот подход будет рассмотрен в разделе 4.2.3.

4.2.2. Первичный этап анализа специфики дорожно-транспортной аварийности

На рисунках 4.1 и 4.2 показано, что характеристика Тяжесть ДТП $Тяж._{ДТП.}$ является по отношению к Социальному риску *HR* как бы вложенной. Социальный риск *HR* определяет общую ситуацию в сфере БДД. Тяжесть ДТП $Тяж._{ДТП.}$ характеризует очень частный аспект дорожной аварийности – степень выраженности тяжести последствий аварийности посредством доли погибших в числе пострадавших [379].

Идентификация модели регрессионной зависимости $Тяж._{ДТП.} = f(HR)$, построенной для набора данных по всем региональным (или городским) системам ОБДД позволяет наглядно визуализировать специфику дорожной аварийности для конкретного региона (города) с учетом расположения соответствующей экспериментальной точки на координатном поле относительно аппроксимирующей линии [379]. Зависимости $Тяж._{ДТП.} = f(HR)$ необходимо определять раздельно для регионов и городов. Это важное замечание – системы ОБДД в годах и регионах различаются принципиально.

В итоге возможны различные результаты анализа специфики систем ОБДД. При локализации экспериментальной точки будут локализоваться выше линии зависимости $Тяж._{ДТП.} = f(HR)$ следует вывод о приоритете в процессах формирования аварийности звена «$N_V \rightarrow N_D$» причинных цепочек (*Н-4*) и (*Н-3.2*). Т.е. в этом случае «узким местом цепочки» является выживаемость пострадавших в ДТП. Выводы из этого могут быть самые разные – и о низком качестве работы служб спасения, и, возможно, о низком уровне качества автопарка (системы пассивной безопасности автомобилей относительно низкокачественны), и, как вариант, о специфичности поведения участников дорожного движения (выраженное игнорирование требований ПДД). Важно именно то, что для

конкретного региона (города) характерна ситуация специфического отклонения от общероссийского тренда.

На рисунке 4.3 представлена зависимость *Тяж. ДТП. = f(HR)* для данных 2021 г. по 82 региональным системам обеспечения БДД.

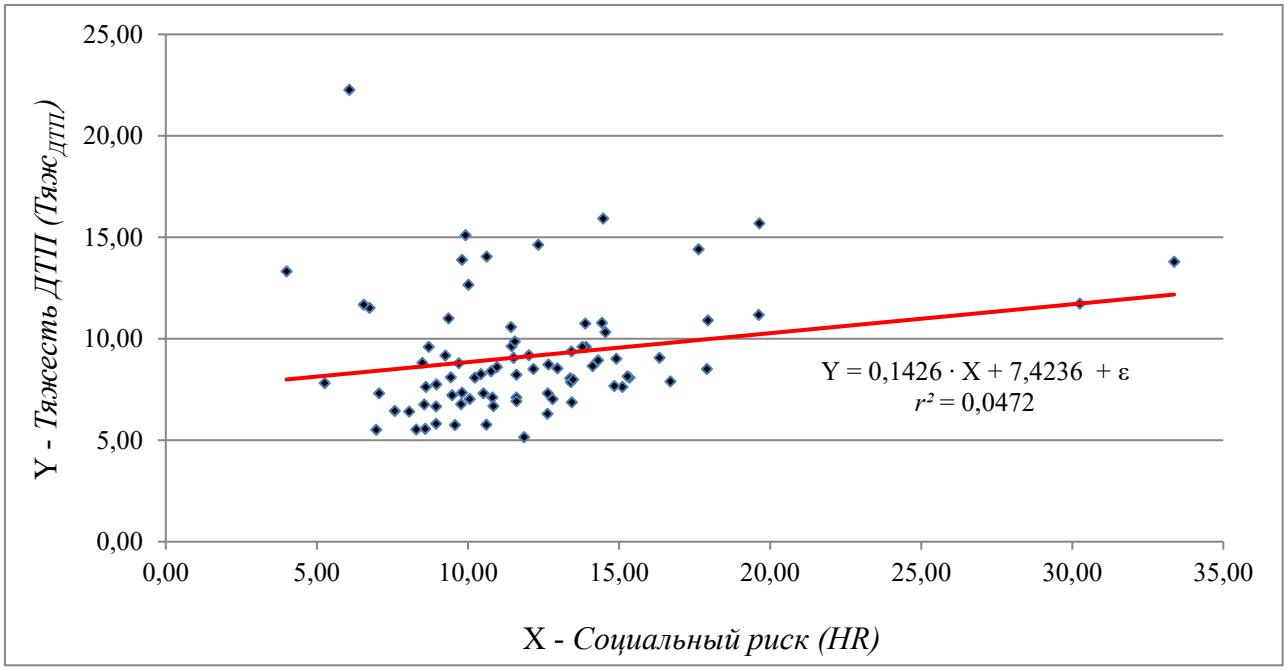


Рисунок 4.3 – Зависимость *Тяж. ДТП. = f(HR)* для 82 регионов РФ (2021)

Аппроксимация экспериментальных точек зависимости рисунка 4.3 позволила получить регрессионную модель (4.5) для регионов страны:

$$Тяж._{ДТП.} = 7{,}4236 + 0{,}1426 \cdot HR + \varepsilon, \quad (4.5)$$

где *Тяж.ДТП.* - Тяжесть ДТП – важнейший показатель качества системы ОБДД в регионе (городе), %;
HR - Социальный риск, погибшие в ДТП/100 тыс. чел.;
ε - случайная ошибка модели.

На рисунке 4.4 представлена зависимость *ТяжДТП. = f(HR)* для данных 2021 г. по системам БДД 75 крупнейших и крупных российских городов [379].

Аппроксимация экспериментальных точек позволила получить регрессионную модель (4.6) для крупнейших городов страны [379]:

$$ТяжДТП. = 1{,}3494 + 0{,}5491 \cdot HR + \varepsilon. \quad (4.6)$$

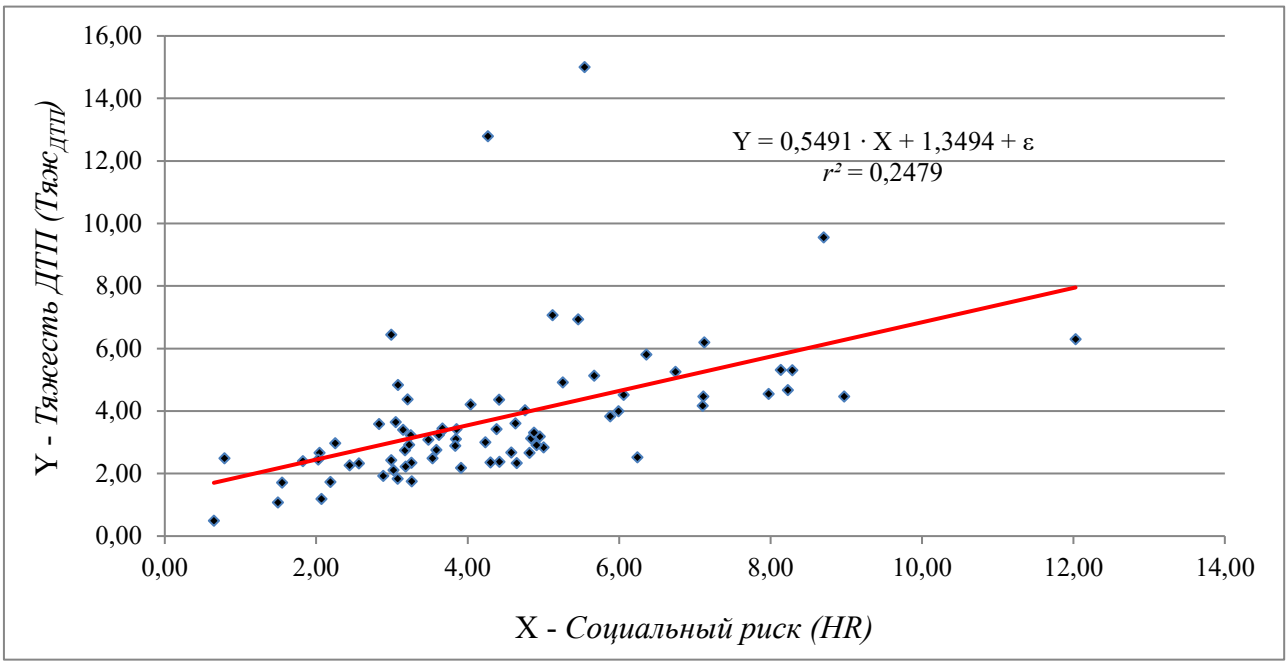
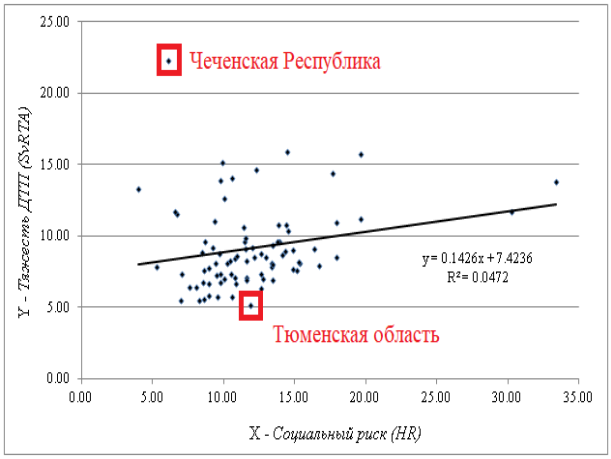


Рисунок 4.4 – Зависимость *Тяж.ДТП. = f(HR)* для 75 крупнейших городов РФ (2021) [379]

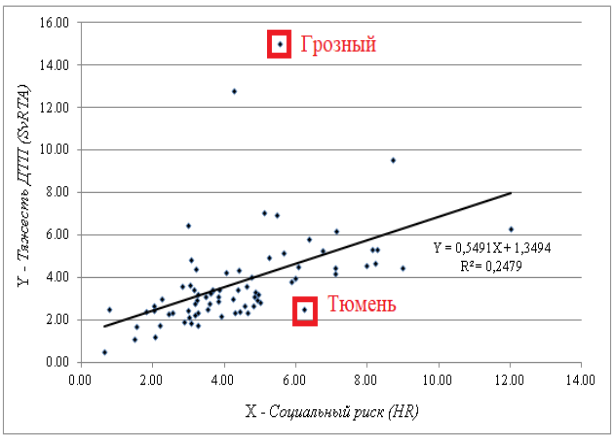
Первое, на что надо обратить внимание при анализе зависимостей (4.5) и (4.6) – отсутствие ярко выраженной корреляции между *Тяжестью ДТП Тяж$_{ДТП.}$* и *Социальным риском HR*. Причем в большей степени этот вывод касается именно региональных систем ОБДД (рисунок 4.3). Для городских систем ОБДД (рисунок 4.4) этот вывод также действителен, но все же в меньшей степени, чем для регионов. Линия регрессионной модели зависимости *Тяж.$_{ДТП.}$ = f(HR)* разграничивает системы ОБДД российских регионов (городов) на две специфические группы – с выраженной специфичностью *Тяжести ДТП Тяж.$_{ДТП.}$* и *Социального риска HR* [379].

К примеру, на рисунке 4.5 представлена локализация на координатной плоскости экспериментальных точек, соответствующих Чеченской Республике, Тюменской области и их региональным центрам (Грозный и Тюмень). Для систем ОБДД Чеченской республики и г. Грозный специфика аварийности выражается в *экстремальном превышении показателей БДД над общероссийским трендом* [379].

Для систем ОБДД Тюменской области и г. Тюмень такой яркой специфичности не наблюдается. Таким образом для процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в Чеченской республике (Грозном) характерна яркая специфика.



А). Регионы РФ



Б). Города РФ

Рисунок 4.5 – Пример идентификации специфичности систем ОБДД 2 регионов (городов) РФ

4.2.3. Использование корреляционного анализа в идентификации специфики дорожно-транспортной аварийности

Анализ корреляционных связей между характеристиками процесса ОБДД необходимо проводить в следующих случаях (таблица 4.1; таблица 4.2).

В таблице 4.1 (+) обозначена необходимость анализа корреляционной связи между показателями, характеризующими блоки причинно-следственной цепочки формирования дорожной аварийности.

Таблица 4.1 – Необходимость учета специфики системы ОБДД

Методика для систем ОБДД	Показатели-блоки причинно-следственной цепочки				
	Население P, чел.	Парк ТС N_{Vh}, ед.	Число ДТП N_{RA}, чел.	Число пострадавших в ДТП N_V, чел.	Число погибших в ДТП N_D чел.
$H_{п\text{-}4\ БДД}$ для регионов РФ	+	+	+	+	+
$H_{п\text{-}3.1\ БДД}$ для регионов РФ	+	+	+	-	+
$H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ для городов	+	-	+	+	+

В таблице 4.2 (+) обозначена необходимость анализа корреляционной связи между расчетными показателями, прямо или косвенно характеризующими специфику БДД.

Таблица 4.2 – Расчетные показатели, прямо или косвенно характеризующие специфику БДД, использованные для анализа корреляционных связей между ними

Методика для систем ОБДД	Удельные показатели, характеризующие БДД				Коэффициенты K_i			
	Социальный риск *HR*, чел./100 тыс. жит.	Транспортный риск *TR* чел./100 тыс. ТС	Масштабность ДТП, чел./ДТП *Масшт.ДТП*,	Тяжесть ДТП *Тяж.ДТП*, % погибших	K_N	K_{RA}	K_V	K_D
$H_{п\text{-}4\ БДД}$	+	+	+	+	+	+	+	+
$H_{п\text{-}3.1\ БДД}$	+	+	-	+	+	+	-	+
$H_{п\text{-}3.2\ БДД}$	+	-	+	+	+	-	+	+

В таблицах 4.3…4.5 представлены численные значения коэффициентов корреляции *r* для случаев рисунков 4.6…4.8 (региональные системы ОБДД).

Проанализируем уровень статистической связи (таблица 4.3) между характеристиками P, N_{Vh}, N_{RA}, N_V, N_D в регионах РФ (2025).

Таблица 4.3 – Значения коэффициентов корреляции *r* Пирсона для показателей, характеризующих состояние БДД в регионах РФ (2025 г.)

-	P	N_{Vh}	N_{RA}	N_V	N_D
P	1,0	0,982	0,927	0,891	0,771
N_{Vh}	0,982	1,0	0,928	0,902	0,797
N_{RA}	0,927	0,928	1,0	0,989	0,809
N_V	0,891	0,902	0,989	1,0	0,862
N_D	0,771	0,797	0,809	0,862	1,0

Данные таблицы 4.3 и рисунка 4.6 позволяют утверждать о высоком и очень высоком уровне статистической связи между характеристиками P, N_{Vh}, N_{RA}, N_V, N_D в регионах РФ (2025).

Анализ уровня статистической связи (таблица 4.4) между характеристиками *HR, TR, Масшт.ДТП*, *Тяж.ДТП* в регионах РФ (2025) позволил получить следующие результаты.

Таблица 4.4 – Значения коэффициентов корреляции *r* Пирсона для удельных показателей БДД регионов РФ (2025 г.)

-	*HR*	*TR*	*Масшт. ДТП*	*Тяж. ДТП*
HR	1,0	0,820	0,313	0,296
TR	0,820	1,0	0,426	0,376
Масшт.ДТП	0,313	0,426	1,0	0,966
Тяж.ДТП	0,296	0,376	0,966	1,0

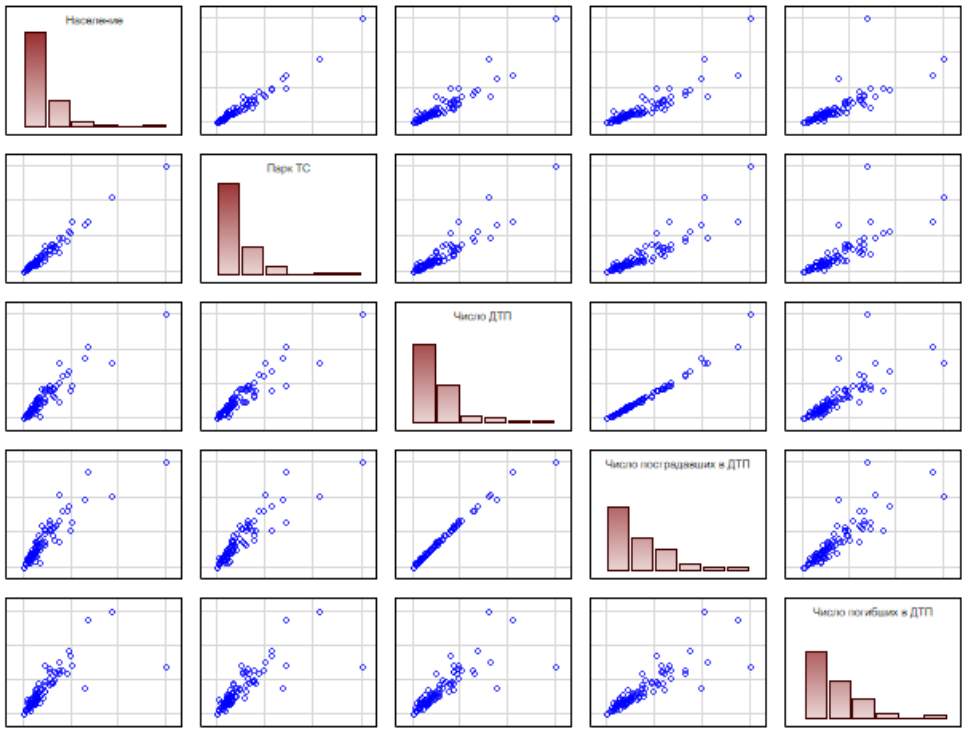


Рисунок 4.6 – Корреляционная матрица 5×5 «Показатели-блоки причинно-следственной цепочки аварийности» для региональных систем ОБДД (2025 г.)

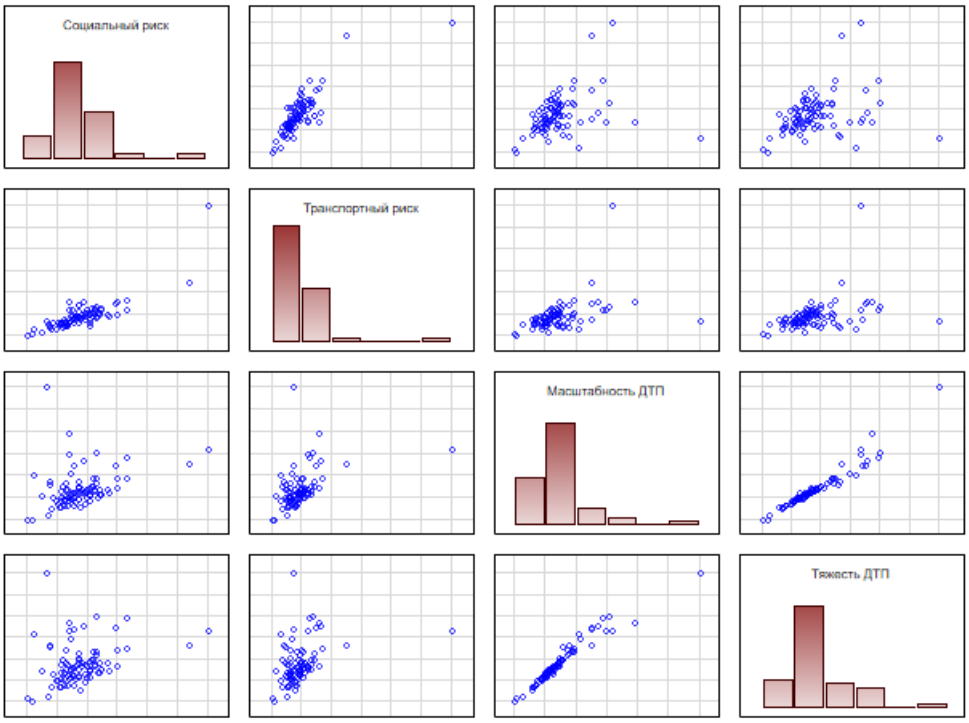


Рисунок 4.7 – Корреляционная матрица 4×4
«Удельные показатели БДД» для для региональных систем ОБДД (2025 г.)

Данные таблицы 4.4 и рисунка 4.7 свидетельствуют, что уровень корреляционной связи между удельными показателями аварийности ниже, чем для случая анализа связи абсолютных показателей (таблица 4.3 и рисунок 4.6).

Еще ниже уровень корреляционной связи между соответствующими коэффициентами K_i, идентифицирующими пропорциональные информационные переходы между звеньями причинно-следственной цепочки изучаемого процесса (таблица 4.5). По сути, можно говорить об отсутствии статистической связи между переходными коэффициентами K_i причинно-следственной цепочки.

Таблица 4.5 – Значения коэффициентов корреляции r Пирсона между коэффициентами K_i для регионов РФ (2025 г.)

-	K_N	K_{RA}	K_V	K_D
K_N	1,0	-0,254	-0,228	-0,285
K_{RA}	-0,254	1,0	0,168	-0,320
K_V	-0,228	0,168	1,0	0,468
K_D	-0,285	-0,318	0,468	1,0

Соответствующая матрица приведена на рисунке 4.8.

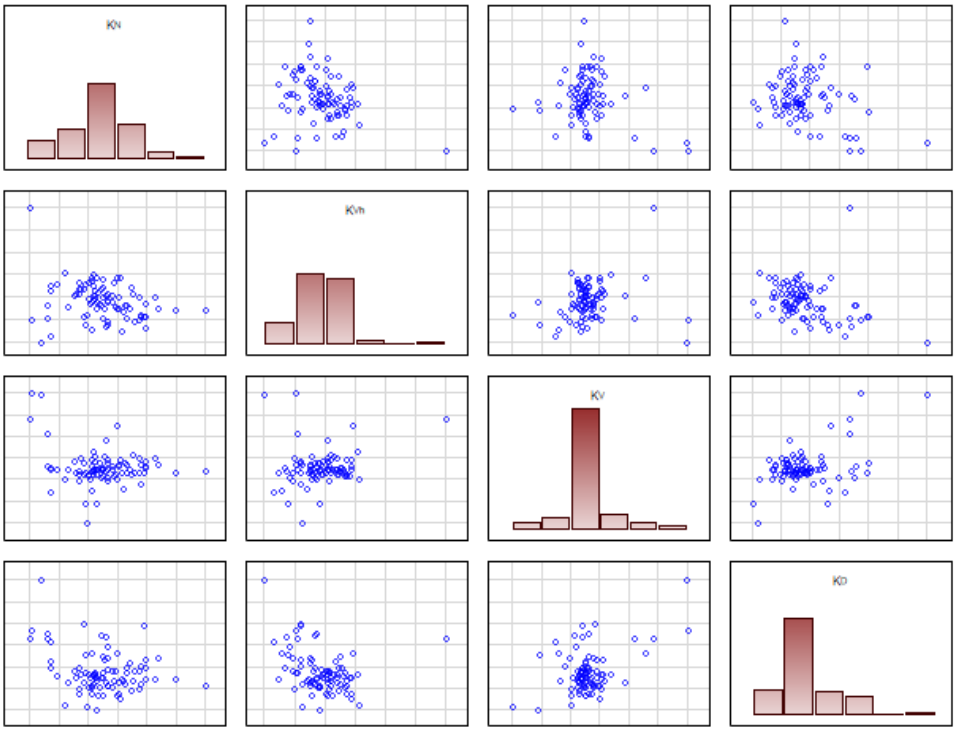


Рисунок 4.8 – Корреляционная матрица 4×4
«Коэффициенты K_i, связывающие блоки причинно-следственной цепочки»
для для региональных систем ОБДД (2025 г.)

Ответ на вопрос о том, почему уровень корреляционной связи снижается при переходе от абсолютных показателей аварийности к коэффициентам, характеризующим информационную передачу, будет рассмотрен ниже.

Аналогичный анализ проведен и в отношении городских систем ОБДД.

В таблицах 4.6…4.8 представлены численные значения коэффициентов корреляции (2025 г.) для случаев рисунков 4.9…4.11 (городские системы ОБДД).

Таблица 4.6 – Значения коэффициентов корреляции *r* Пирсона для показателей, характеризующих состояние БДД в городах РФ (2025 г.)

-	P	N_{RA}	N_V	N_D
P	1,0	0,969	0,962	0,970
N_N	0,969	1,0	0,999	0,970
N_V	0,962	0,999	1,0	0,968
N_D	0,970	0,970	0,968	1,0

Таблица 4.7 – Значения коэффициентов корреляции *r* Пирсона для качественных (удельных) показателей БДД городов РФ (2025 г.)

-	*HR*	*Масшт. ДТП*	*Тяж. ДТП*
HR	1,0	0,502	0,501
Масшт. ДТП	0,502	1,0	0,983
Тяж. ДТП	0,501	0,983	1,0

Таблица 4.8 – Значения коэффициентов корреляции *r* Пирсона между коэффициентами K_i для городов РФ (2025 г.)

-	K_N	K_V	K_D
K_N	1,0	-0,014	-0,487
K_V	-0,014	1,0	0,403
K_D	-0,487	0,403	1,0

Легко заметить, что и для случая аварийности в городах, как и для региональных систем, уровень тесноты корреляционной связи значительно различается для трех анализируемых баз данных.

Итак, показатели причинно-следственной цепочки «Население - <…> - Погибшие в ДТП» связаны между собой очень тесной корреляционной связью. Это объяснимо, т.к. речь идет не об удельных, а об абсолютных численных значениях – высокая степень корреляционной связи объясняется влиянием размера региональных и городских систем ОБДД.

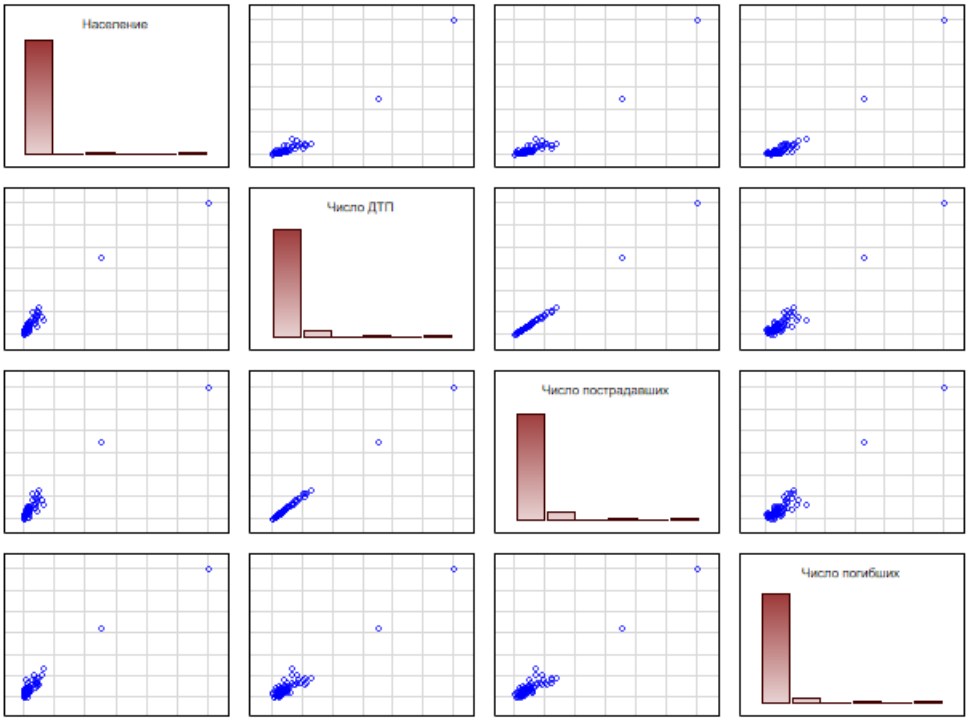


Рисунок 4.9 – Корреляционная матрица 4×4
«Показатели-блоки причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности» для городских систем ОБДД (2025 г.)

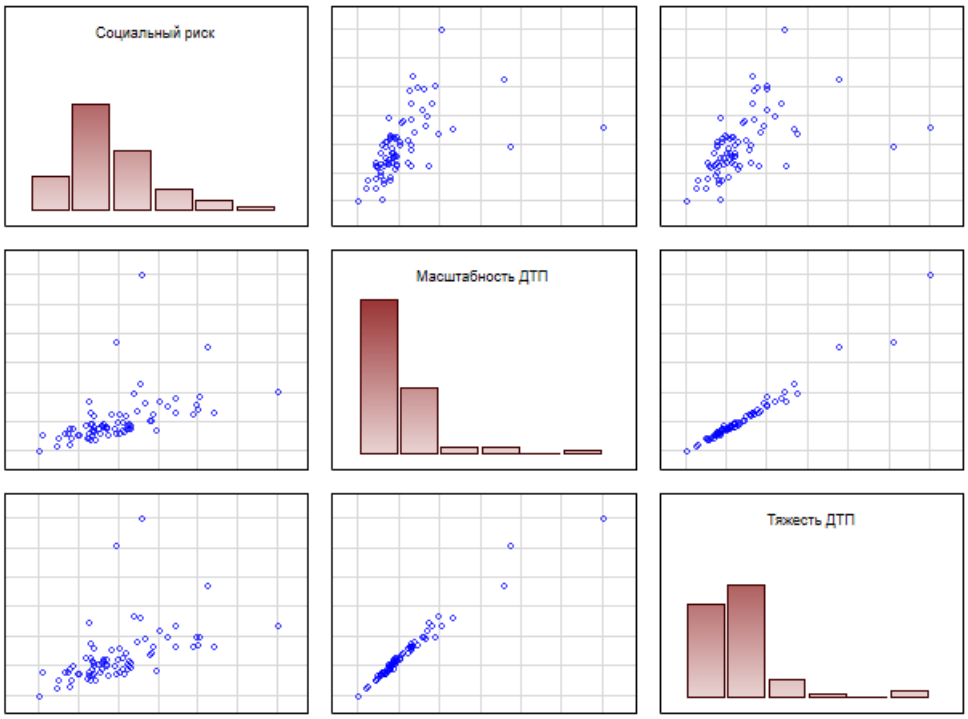


Рисунок 4.10 – Корреляционная матрица 3×3
«Удельные показатели БДД» для городских систем ОБДД (2025 г.)

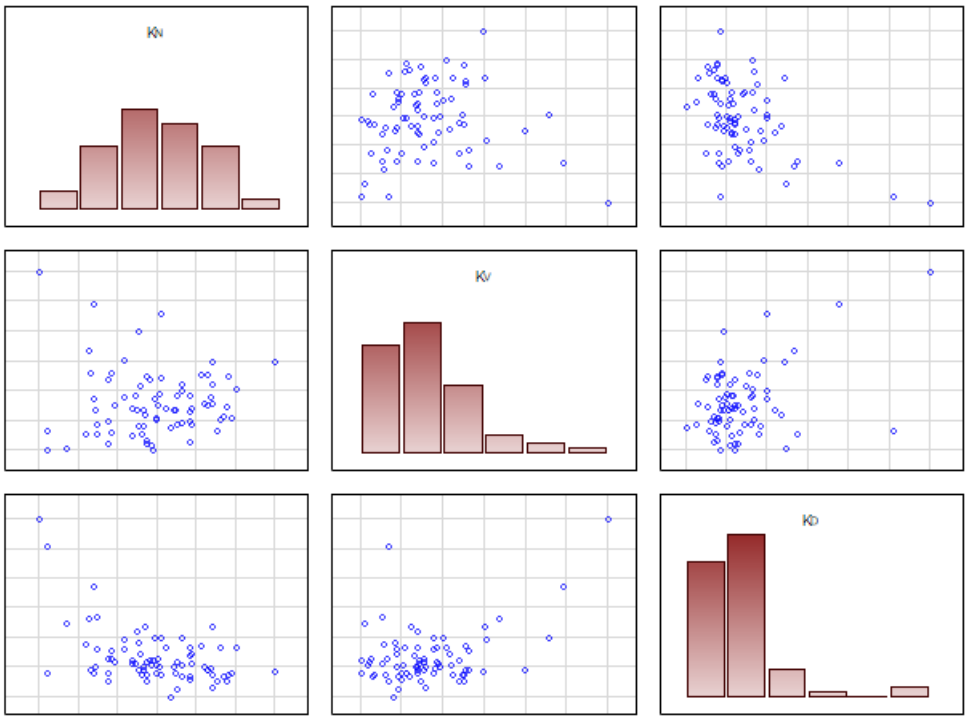


Рисунок 4.11 – Корреляционная матрица 3×3
«Коэффициенты K_i, связывающие блоки причинно-следственной цепочки»
для городских систем ОБДД (2025 г.)

В случае анализа тесноты связи между удельными показателями аварийности – *HR, TR, Масшт.$_{ДТП}$* и *Тяж.$_{ДТП}$* – фактор размера системы нивелируется. В этом случае уровень тесноты статистической связи между парами «*HR / TR*» и «*Масшт.$_{ДТП}$ / Тяж.$_{ДТП}$*» достаточно высок (это крайние в цепочке пары показателей), а между ними – центральная связка «*TR / Масшт.$_{ДТП}$*» – корреляционно достаточно слабая.

Что касается оценки корреляционной связи между K_i информационной передачи причинно-следственной цепочки, то в этом случае связь слабая или почти отсутствует. Наиболее высокое значение коэффициентов корреляции (r = 0,468 $_{регион}$ / 0,403 $_{город}$) зафиксировано для связи между K_D и K_V.

Очевидно, практическое отсутствие или очень низкая статистическая корреляция между коэффициентами информационной передачи K_i свидетельствует об очень широком диапазоне фактических сценариев реализации процессов формирования дорожно-транспортной аварийности.

Очевидно, об этом же будут свидетельствовать и данные об энтропии H, как характеристике значительного числа вариантов реализации сценариев процессов формирования БДД в регионах и городах РФ.

4.3. Статистическое исследование особенностей Относительной энтропии $H_{п\ БДД}$ систем ОБДД регионов и городов Российской Федерации

4.3.1. Особенности статистического распределения численных значений Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД

В Приложениях 1 и 3 представлены исходные данные (2025) и итог соответствующего расчета, на основе этих данных, значений Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД.

В таблице 4.9 представлены основные характеристики статистических распределений значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД (рисунок 4.12).

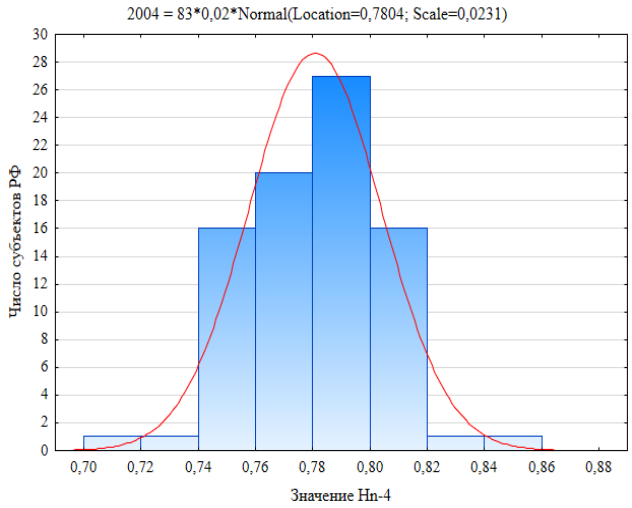
Таблица 4.9 – Математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение и вариация значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД РФ

Год	Численные значения статистических характеристик распределений значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$		
	Математическое ожидание $M(H_{п\text{-}4\ БДД})$	Среднеквадратическое отклонение $\sigma(H_{п\text{-}4\ БДД})$	Коэффициент вариации $V(H_{п\text{-}4\ БДД})$, %
1	2	3	4
2004	0,7804	0,0231	2,96
2005	0,7846	0,0227	2,89
2006	0,7848	0,0222	2,83
2007	0,7841	0,0244	3,11
2008	0,7739	0,0241	3,11
2009	0,7677	0,0248	3,23
2010	0,7623	0,0261	3,42
2011	0,7601	0,0257	3,38
2012	0,7571	0,0267	3,53
2013	0,7503	0,0273	3,64
2014	0,7373	0,0288	3,91
2015	0,7237	0,0323	4,46
2016	0,7215	0,0324	4,49
2017	0,7169	0,0320	4,46
2018	0,7143	0,0309	4,33
2019	0,7114	0,0324	4,55
2020	0,7067	0,0355	3,61
2021	0,7006	0,0322	4,60

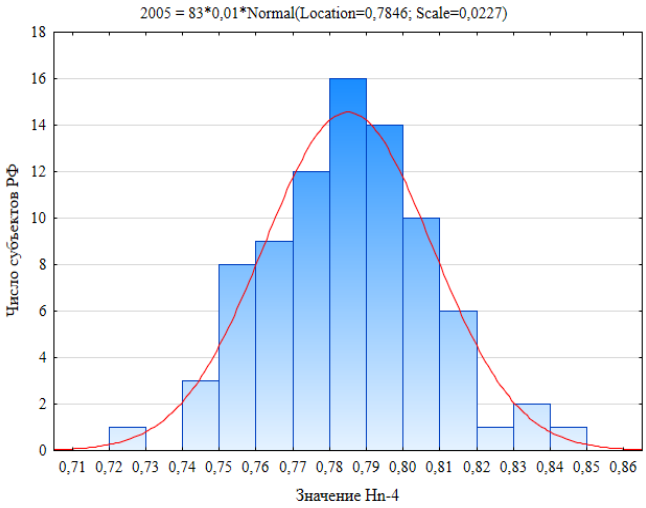
Окончание таблицы 4.9

1	2	3	4
2022	0,6979	0,0338	4,83
2023	0,6981	0,0353	5,05
2024	0,6898	0,0362	5,24
2025	0,6903	0,0316	4,58

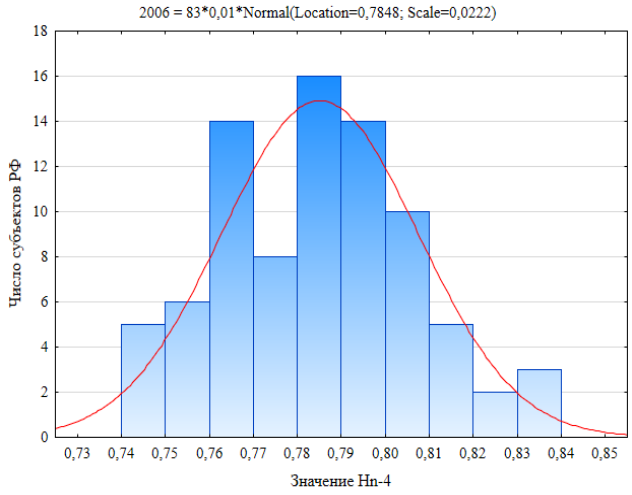
На рисунке 4.12 представлены распределения значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД в течение периода 2004-2025 гг.



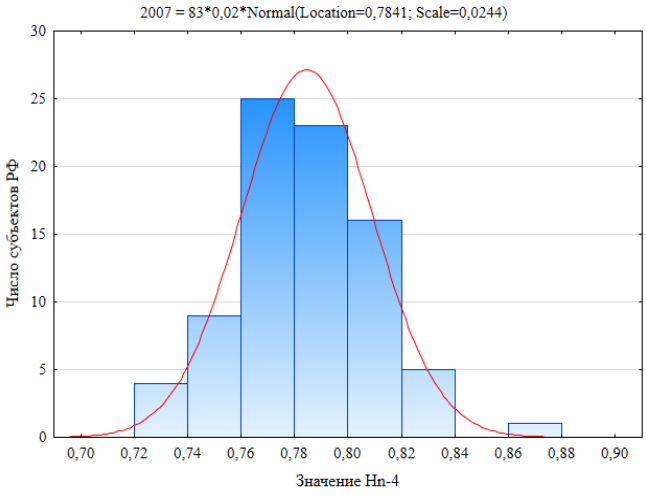
А). 2004 г.



Б). 2005 г.



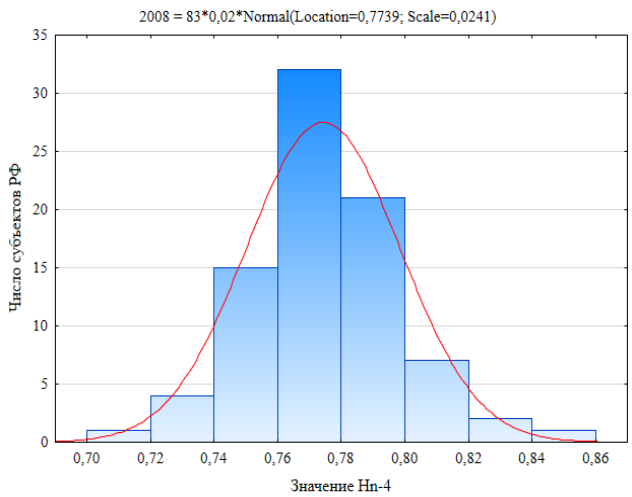
В). 2006 г.



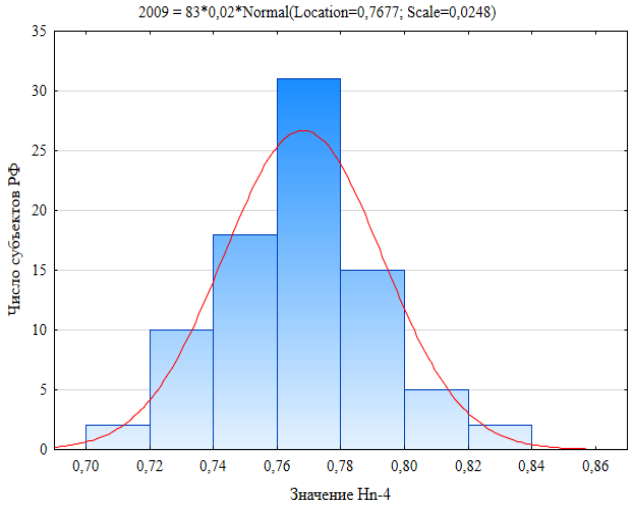
Г). 2007 г.

Рисунок 4.12 – Распределения значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД

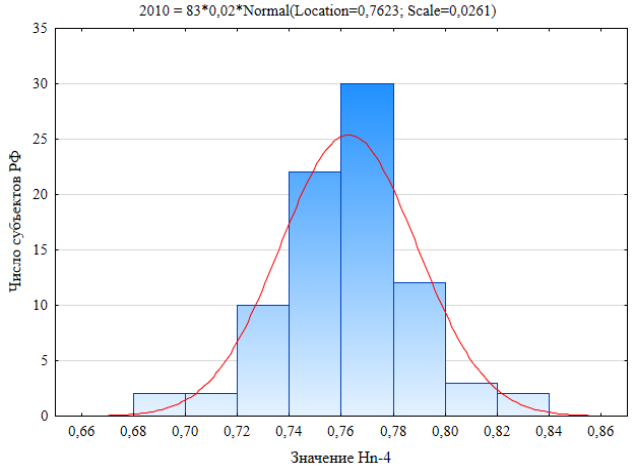
При идентификации особенностей распределений значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$ был использован нормальный закон распределения.



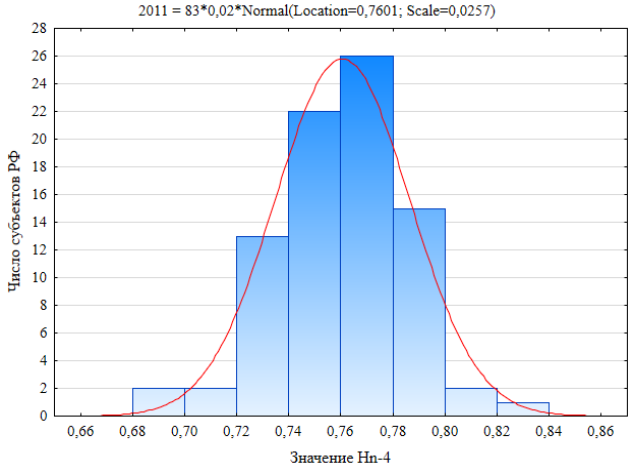
Д). 2008 г.



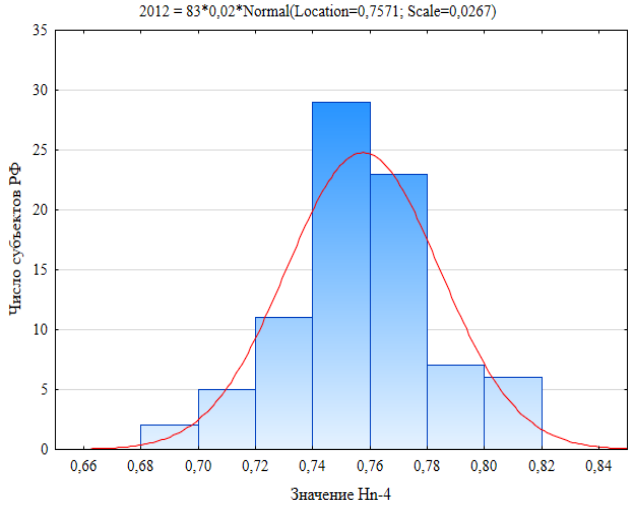
Е). 2009 г.



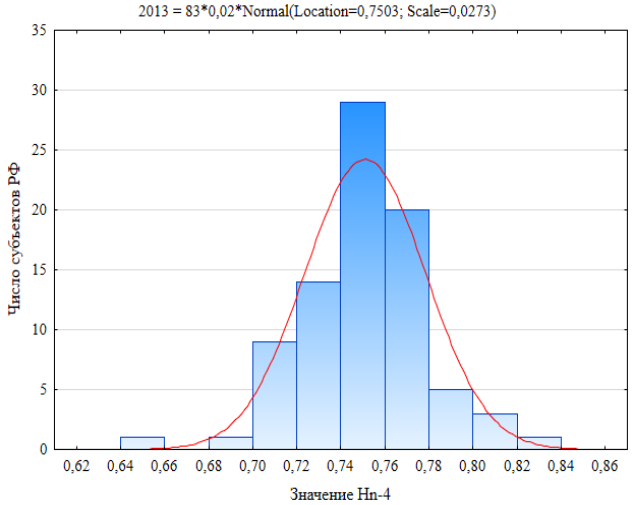
Ж). 2010 г.



З). 2011 г.

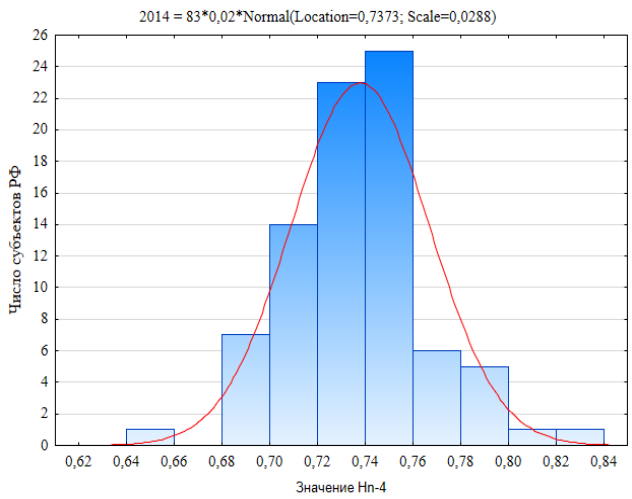


И). 2012 г.

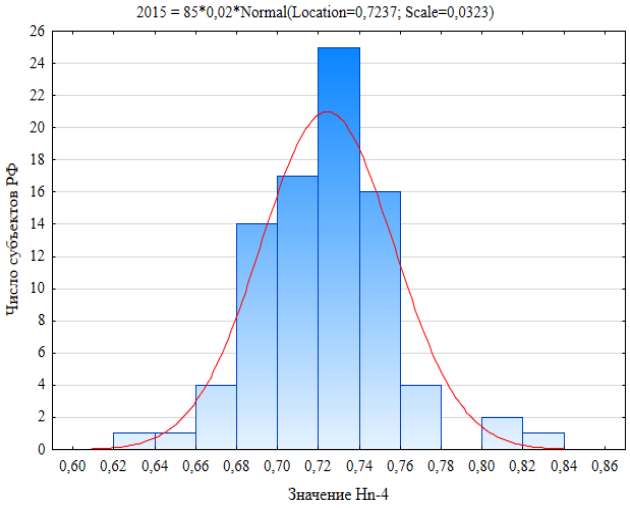


К). 2013 г.

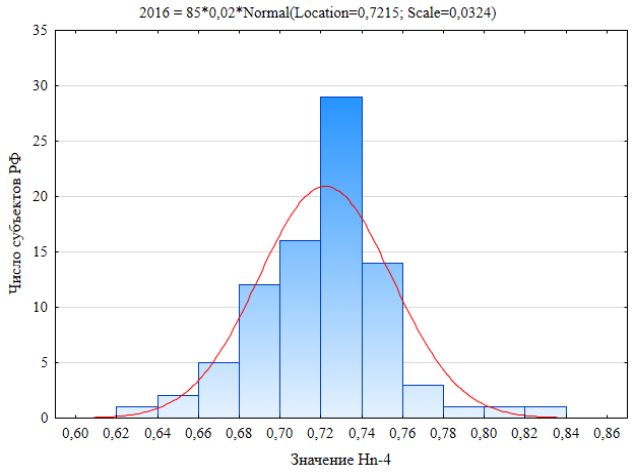
Продолжение рисунка 4.12 – Распределения значений $H_{n\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД



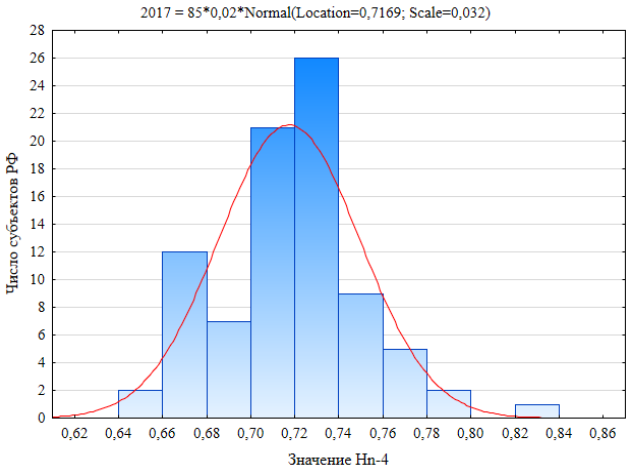
Л). 2014 г.



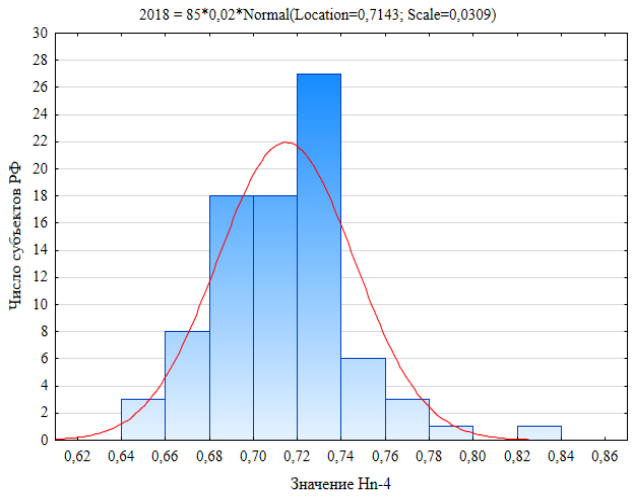
М). 2015 г.



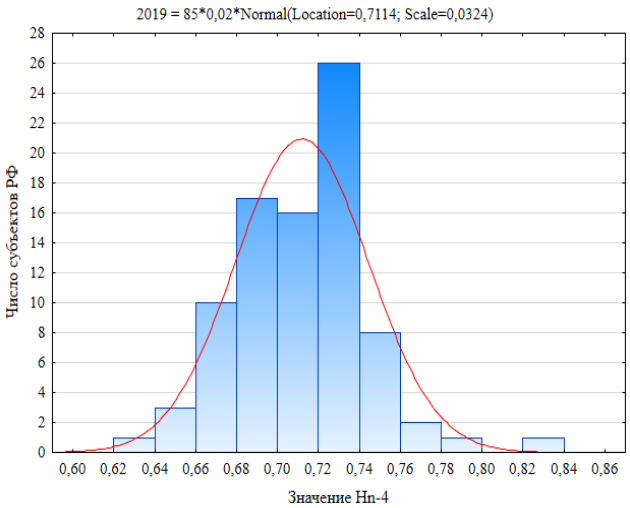
Н). 2016 г.



О). 2017 г.

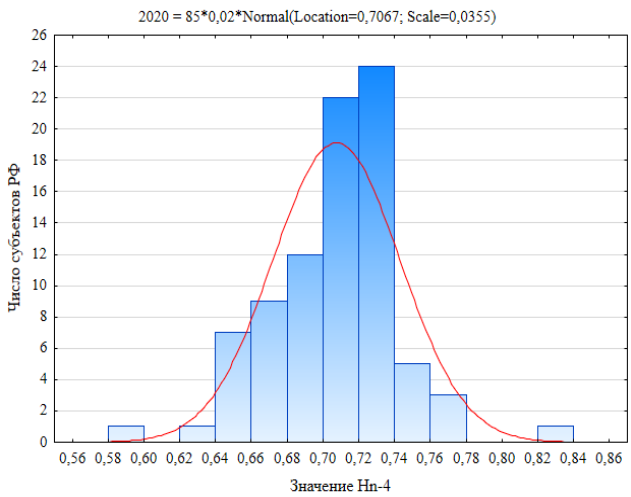


П). 2018 г.

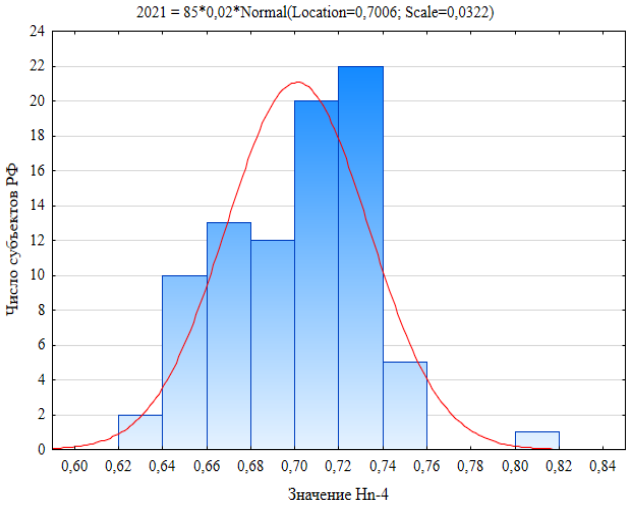


Р). 2019 г.

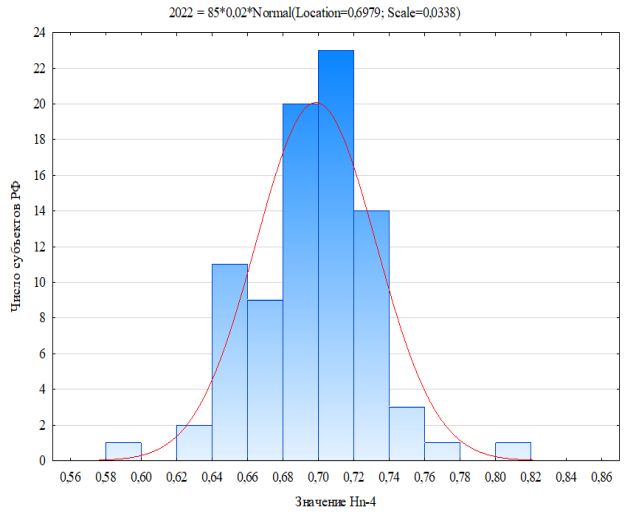
Продолжение рисунка 4.12 – Распределения значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД



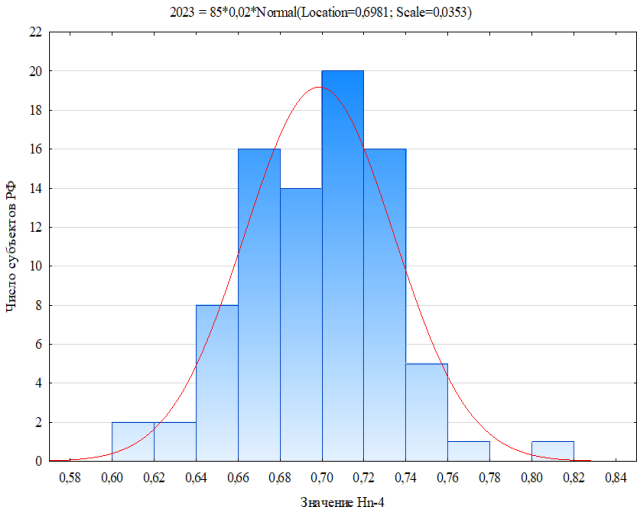
С). 2020 г.



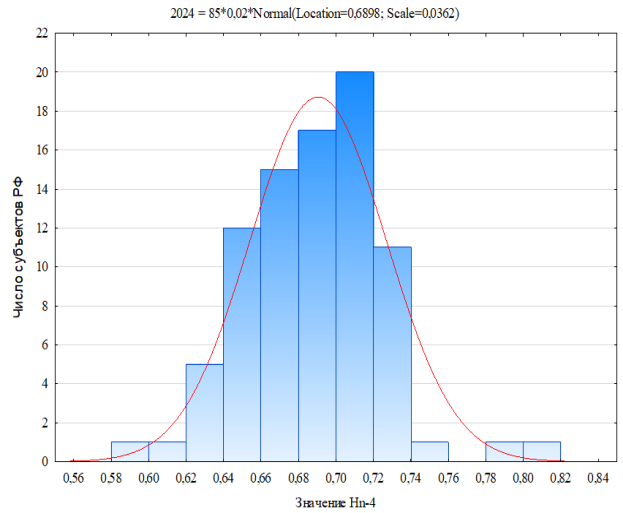
Т). 2021 г.



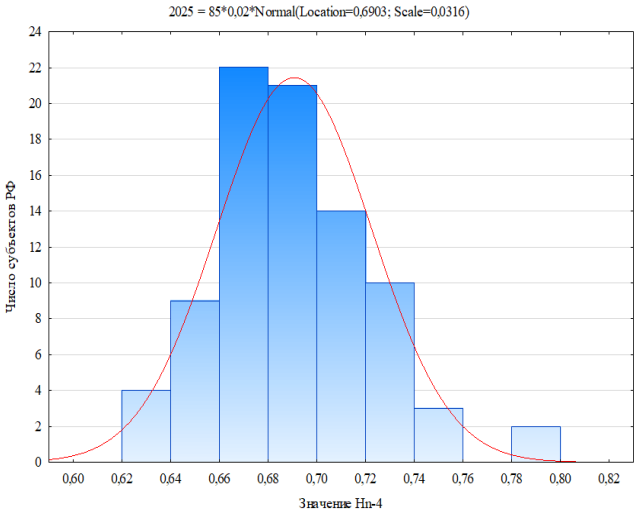
У). 2022 г.



Ф). 2023 г.



Х). 2024 г.



Ц). 2025 г.

Окончание рисунка 4.12 – Распределения значений $H_{n\text{-}4\ БДД}$ региональных систем ОБДД

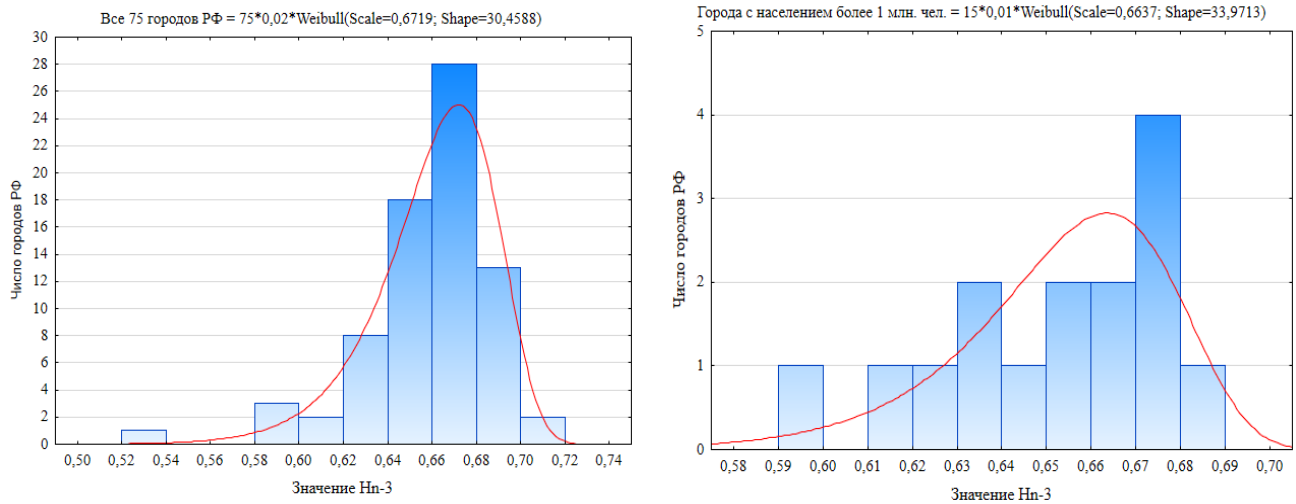
В течение 22 лет трендовая динамика численных значений $M(H_{n\text{-}4\ БДД})$ для всей совокупности региональных систем ОБДД дифференцировалась на 2 этапа – этап незначительного роста (2004…2006) и этап устойчивого снижения (2007…2025) (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Этапы трендовой динамики численных значений $M(H_{n\text{-}4\ БДД})$ для всей совокупности региональных систем ОБДД

Годы	Значения $M(H_{n\text{-}4\ БДД})$			Динамика $M(H_{n\text{-}4\ БДД})$	
	Min (год)	Max (год)	Δ	Тренд	Темп, % / год
2004…2006	0,7804 (2004)	0,7848 (2006)	0,0044	Рост	0,19
2007….2025	0,6898 (2025)	0,7841 (2007)	0,0943	Снижение	0,63

4.3.2. Особенности статистического распределения численных значений Относительной энтропии $M(H_{n\text{-}3.2\ БДД})$ городских систем ОБДД

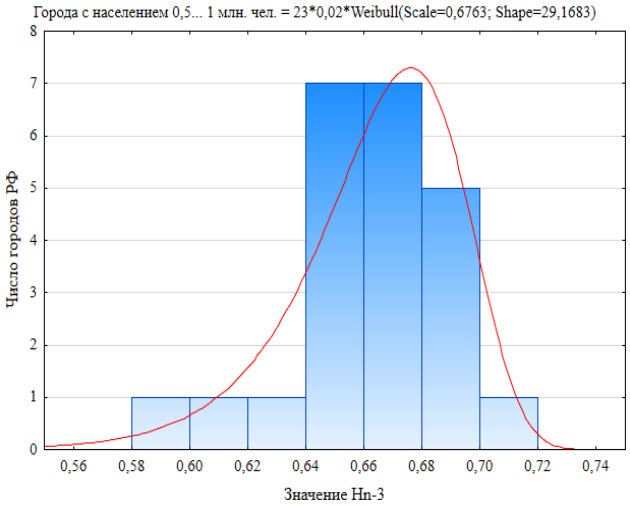
В Приложениях 2 и 4 представлены исходные данные и итог расчета значений Относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД в 2021 г. Распределения значений $H_{n\text{-}3.2\ БДД\ 2021}$ городских систем ОБДД представлены на рисунке 4.13.



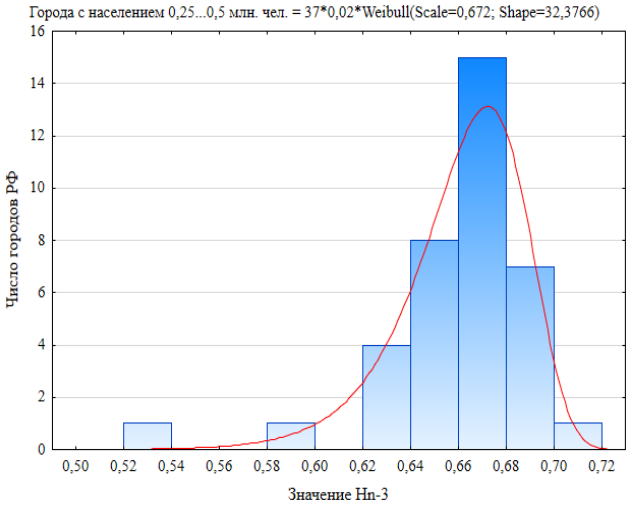
А). Все города с населением > 0,25 млн. чел. Б). Города с населением > 1 млн. чел.

Рисунок 4.13 – Распределения значений $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД (2021)

Всего в исследованиях задействована статистика дорожно-транспортной аварийности 75 российских городов с населением более 250 тыс. чел.



В). Города с населением 0,51…1,0 млн. чел.



Г). Города с населением 0,25…0,50 млн. чел.

Окончание рисунка 4.13 – Распределения значений $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД (2021)

При идентификации распределений значений $H_{n\text{-}3.2\ БДД\ 2021}$ был использован закон Вейбулла.

В таблице 4.11 представлены статистические характеристики этих распределений.

Таблица 4.11 – Математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение и вариация значений $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД РФ (2021)

Совокупность данных по городам РФ	Число городов РФ	Численные значения статистических характеристик распределений значений $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$		
		Математическое ожидание $M(H_{n\text{-}3.2\ БДД})$	Shape	Тип закона
Все города с населением > 0,250 млн. чел.	75	0,6719	30,45	Вейбусла
Города с населением > 1,000 млн. чел.	15	0,6637	33,97	
Города с населением от 0,500 до 1,000 млн. чел.	23	0,6763	29,16	
Города с населением от 0,250 до 0,500 млн. чел.	37	0,6720	32,37	

4.4. Исследование динамики (во времени) значений Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД}$ систем ОБДД регионов и городов Российской Федерации

Материалы данного раздела основаны на расчетах Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ систем ОБДД регионов и городов Российской Федерации, выполненных по 4-х-звенной методике $H_{n\text{-}4\ БДД}$. В Приложении 3 представлены рассчитанные по

известной методике численные значения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД}$ региональных (и Федеральных округов) систем ОБДД в 2004..2021 г.

4.4.1. Исследование динамики Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД}$ общероссийской системы ОБДД во времени

Для общероссийской системы ОБДД характерна динамика (2004…2021 гг.) относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ}$, представленная на рисунке 4.14.

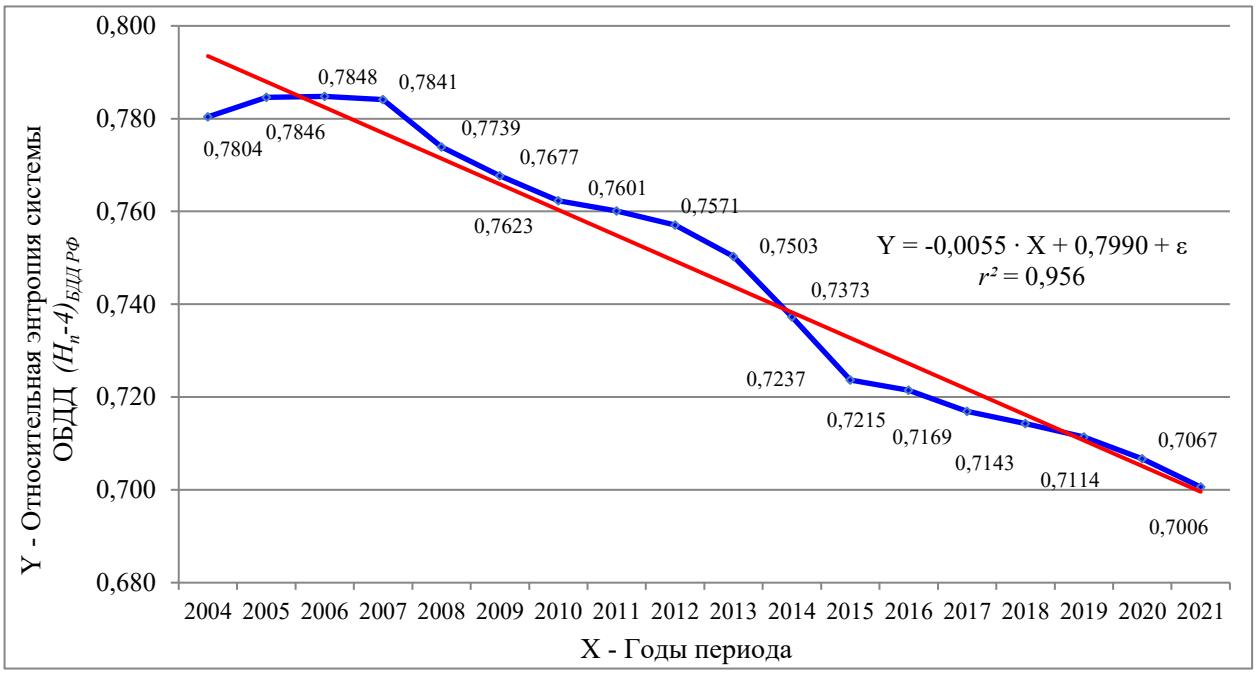


Рисунок 4.14 – Временной ряд (2004…2021 гг.) и модель $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ} = f(Годы\ периода)$ для общероссийской системы ОБДД

В целом тренд Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ}$ в течение 18 лет (2004…2021 гг.) понижательный, что соответствует динамике изменения абсолютных значения дорожной аварийности в России.

В течение 2004…2021 гг. Относительная энтропия $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ}$ системы ОБДД в Российской Федерации снизилась на $\Delta(H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ}) \approx 0{,}078$; темпы снижения $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ}$ в течение этого времени были непостоянны и особенно значительны в 2013…2015 гг. (начальный период реализации II ФЦП по БДД).

Уравнение регрессии, описывающее модель $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ} = f(Годы\ периода)$ рисунка 4.14, идентифицировано как $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ\ год} = 0{,}7990 - 0{,}0055 \cdot Год + \varepsilon$. Коэффициент детерминации модели $r^2 = 0{,}956$; F = 189,92; Std. Error = 0,840.

Физический смысл данной модели заключается в том, что ежегодно численное значение Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ}$ общероссийской (РФ) системы ОБДД снижается в среднем на 0,0055. Таким образом, согласно линейной модели, в течение 22 лет (2004…2025 гг.) уровень системной организованности в сфере ОБДД РФ должен существенно вырасти, т.к. $\Delta(H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ})_{20\ лет} = -\ 0{,}121$.

4.4.2. Исследование динамики Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ региональных систем ОБДД во времени

4.4.2.1. Временные ряды и модели динамики во времени $H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО}$ систем ОБДД Федеральных округов РФ

Динамические временные ряды изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО}$ систем ОБДД Федеральных округов РФ (2004…2021 гг.) представлены на рисунке 4.15.

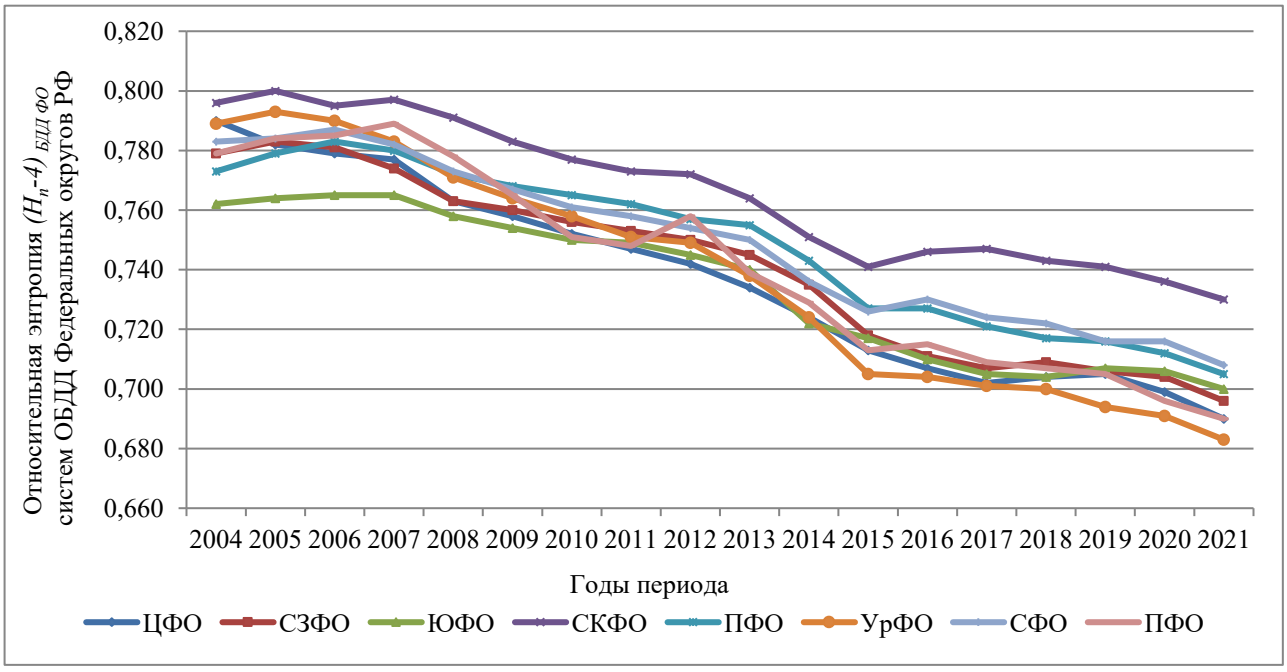


Рисунок 4.15 – Временные ряды изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО}$ систем ОБДД Федеральных округов РФ (2004…2021 гг.)

Общая тенденция, характерная для временных рядов изменения значений $H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО}$ систем ОБДД всех Федеральных округов – тенденция постепенного снижения. Однако в течение исследовательского периода протяженностью 18 лет (2004…2021 гг.) между лучшими и худшими образцами системной организованности в сфере ОБДД присутствуют достаточно значительные различия. Так, временной ряд значений $\Delta(H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО})$ для наиболее и наименее организованных систем ОБДД ФО РФ (2004…2021 гг.) представлен на рисунке 4.16.

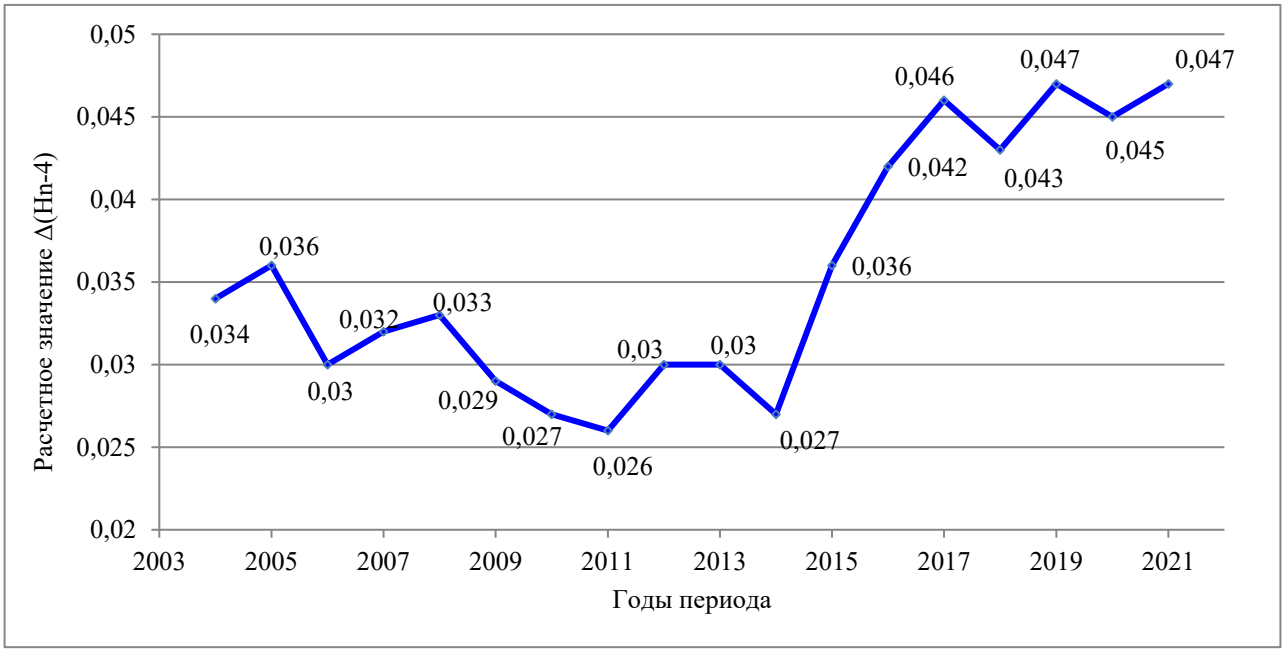


Рисунок 4.16 – Временной ряд значений $\Delta(H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО})$ для наиболее и наименее организованных систем ОБДД ФО РФ (2004…2021 гг.)

Значения $\Delta(H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО\ РФ})$ в течение 2004…2021 гг. варьировались в диапазоне [0,026; 0,047]. Т.е. с позиций оценки неоднородности организованности систем ОБДД ФО РФ, наиболее однородной ситуация в пространстве территории страны была в 2009…2014 гг.; затем неоднородность быстро нарастала, достигнув максимальных значений в 2017…2021 гг.

В таблице 4.12 представлен набор моделей, аппроксимирующих временные ряды изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ ФО}$ систем ОБДД в Федеральных

округах РФ. Пожалуй, важно указать, что год периода в уравнениях таблицы 4.12 связан с № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021 гг.

Таблица 4.12 – Математические модели, идентифицирующие модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ ФО} = f(Годы\ периода)$ в отношении систем ОБДД (2004…2021 гг.) в Федеральных округах РФ

Федеральный округ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ ФО} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Центральный (ЦФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ ЦФО} = 0{,}7948 – 0{,}0061 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,977
Северо-Западный (СЗФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ СЗФО} = 0{,}7933 – 0{,}0056 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,966
Южный (ЮФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ ЮФО} = 0{,}7776 – 0{,}0045 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,933
Северо-Кавказский (СКФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ СКФО} = 0{,}8078 – 0{,}0044 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,954
Приволжский (ПФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ ПФО} = 0{,}7942 – 0{,}0049 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,943
Уральский (УрФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ УрФО} = 0{,}8059 – 0{,}0071 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,974
Сибирский (СФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ СФО} = 0{,}7960 – 0{,}0050 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,973
Дальневосточный (ДФО)	$H_{п\text{-}4\ БДД\ ДФО} = 0{,}8001 – 0{,}0062 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,950

Таким образом, в течение 18 лет (2004-2021 гг.) максимальные темпы снижения величины $H_{п\text{-}4\ БДД\ ФО}$ были характерны для окружной системы ОБДД Уральского федерального округа ($b = 0{,}0071$), а минимальные – для окружных систем ОБДД Северо-Кавказского федерального округа ($b = 0{,}0044$) и Южного федерального округа ($b = 0{,}0045$). Разница $\Delta(H_{п\text{-}4\ БДД\ ФО\ РФ\ 2021})$ между максимально высоким и максимально низким уровнями $H_{п\text{-}4\ БДД\ ФО}$ в 2018…2021 г. составляла $\Delta(H_{п\text{-}4\ БДД\ ФО\ РФ\ 2018...2021}) = 0{,}047$.

К 2025 г. ситуация в плане оценки различий между уровнями организованности систем ОБДД ФО практически не изменилась. $\Delta(H_{п\text{-}4\ БДД\ ФО})_{2025} = 0{,}048$, что идентифицирует наличие достаточно существенных различий. Лучшие образцы организованности показывает УрФО, худшие – СКФО.

4.4.2.2. Временные ряды и модели динамики во времени $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъект\ РФ}$ региональных систем ОБДД

На рисунках 4.17…4.18 приведены модели динамики показателя $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъект\ РФ} = f(Годы\ периода)$ систем ОБДД ЦФО и СЗФО.

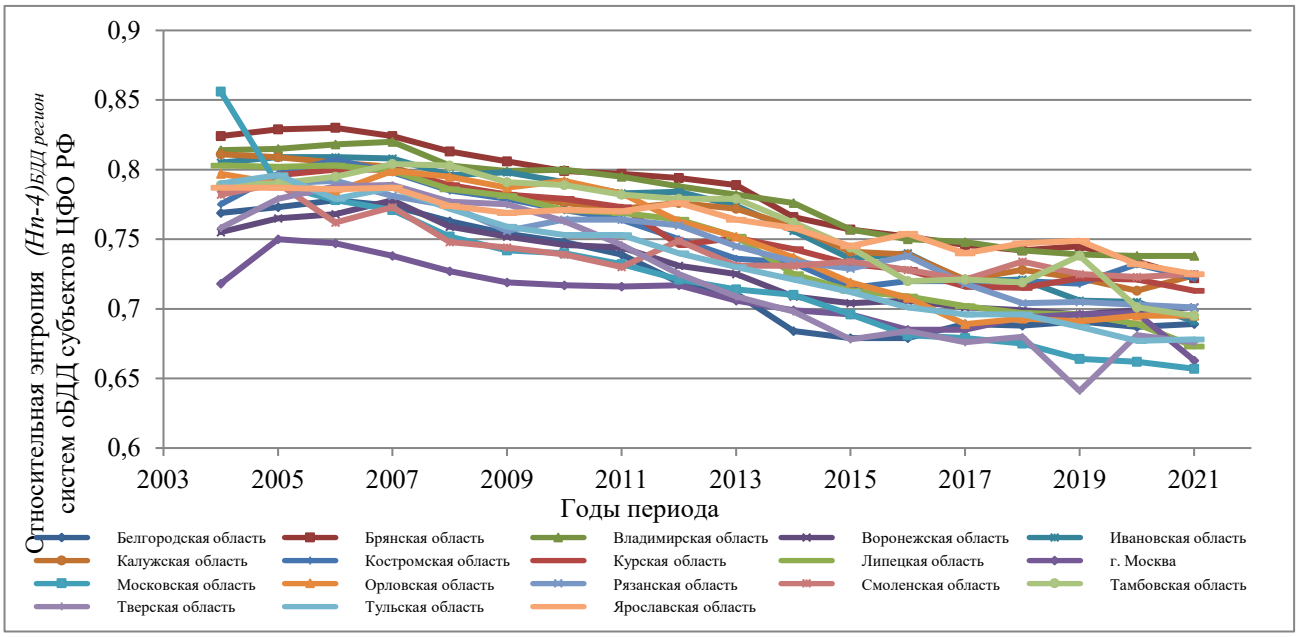


Рисунок 4.17 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ЦФО}$ систем ОБДД субъектов ЦФО РФ

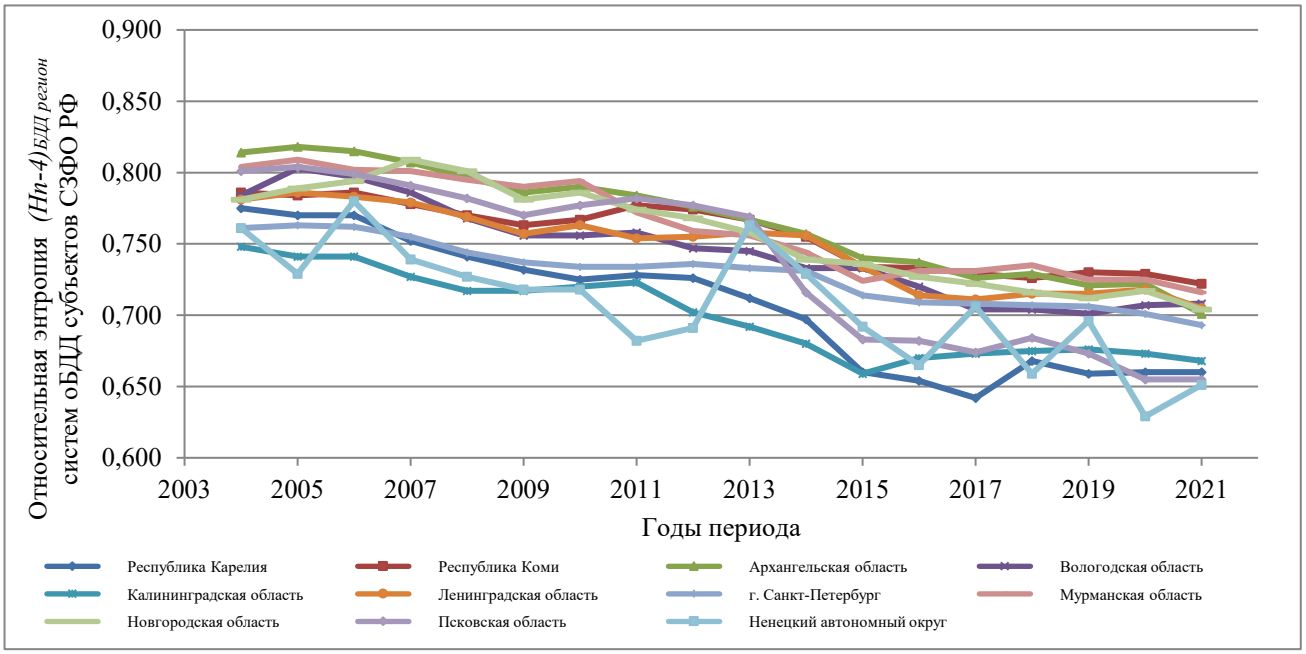


Рисунок 4.18 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ СЗФО}$ систем ОБДД субъектов СЗФО РФ

В таблицах 4.13…4.14 представлены модели $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъект\ ФО} = f(Годы\ периода)$ для Центрального (ЦФО) и Северо-Западного (СЗФО) Федеральных округов РФ

Таблица 4.13 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ЦФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект ЦФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Белгородская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7861 – 0{,}0066 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,852
Брянская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8449 – 0{,}0067 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,967
Владимирская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8324 – 0{,}0056 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,951
Воронежская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7777 – 0{,}0050 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,886
Ивановская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8340 – 0{,}0075 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,942
Калужская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8215 – 0{,}0061 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,958
Костромская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8041 – 0{,}0054 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,819
Курская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8103 – 0{,}0058 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,913
Липецкая область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8259 – 0{,}0084 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,967
г. Москва	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7453 – 0{,}0038 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,792
Московская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8135 – 0{,}0095 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,920
Орловская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8223 – 0{,}0078 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,889
Рязанская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8026 – 0{,}0059 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,956
Смоленская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7749 – 0{,}0034 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,745
Тамбовская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8213 – 0{,}0063 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,843
Тверская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8030 – 0{,}0084 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,851
Тульская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8063 – 0{,}0075 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,983
Ярославская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7955 – 0{,}0035 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,911
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

Таблица 4.14 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ СЗФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект СЗФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Республика Карелия	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7842 – 0{,}0081 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,904
Республика Коми	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7956 – 0{,}0042 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,880
Архангельская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8322 – 0{,}0070 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,975
Вологодская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8029 – 0{,}0061 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,934
Калининградская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7488 – 0{,}0051 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,870
Ленинградская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7950 – 0{,}0050 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,912
г. Санкт-Петербург	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7683 – 0{,}0041 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,958
Мурманская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8198 – 0{,}0061 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,928
Новгородская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8145 – 0{,}0061 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,889
Псковская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8335 – 0{,}0101 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,894
Ненецкий автономный округ	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7645 – 0{,}0060 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,612
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

Значения коэффициента детерминации r^2 моделей $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ СЗФО} = f(Годы\ периода)$ табл. 4.13…4.14 достаточно велико, что подтверждает наличие тренда снижения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ во времени. Единственное исключение – модель для Ненецкого АО ($r^2 = 0{,}621$) – лишь подтверждает правило.

На рисунках 4.19…4.22 приведены модели динамики показателя $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъект\ РФ} = f(Годы\ периода)$ систем ОБДД ЮФО, СКФО, ПФО и УрФО.

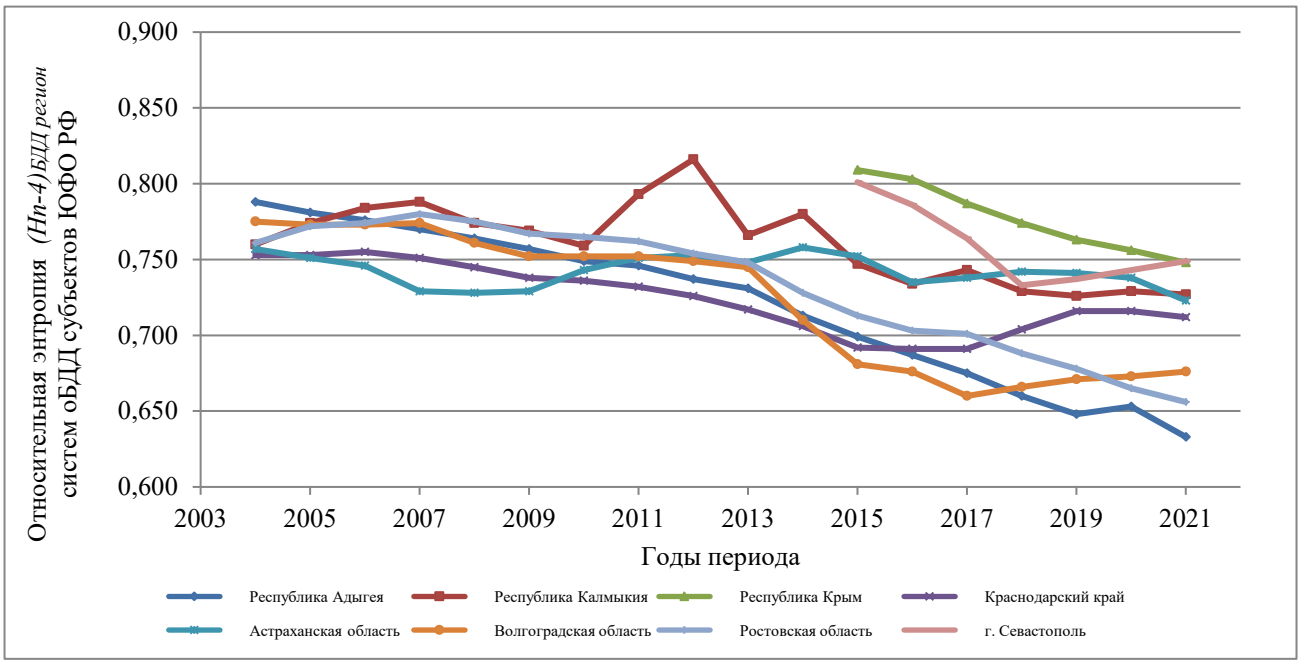


Рисунок 4.19 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ЮФО}$ систем ОБДД субъектов ЮФО РФ

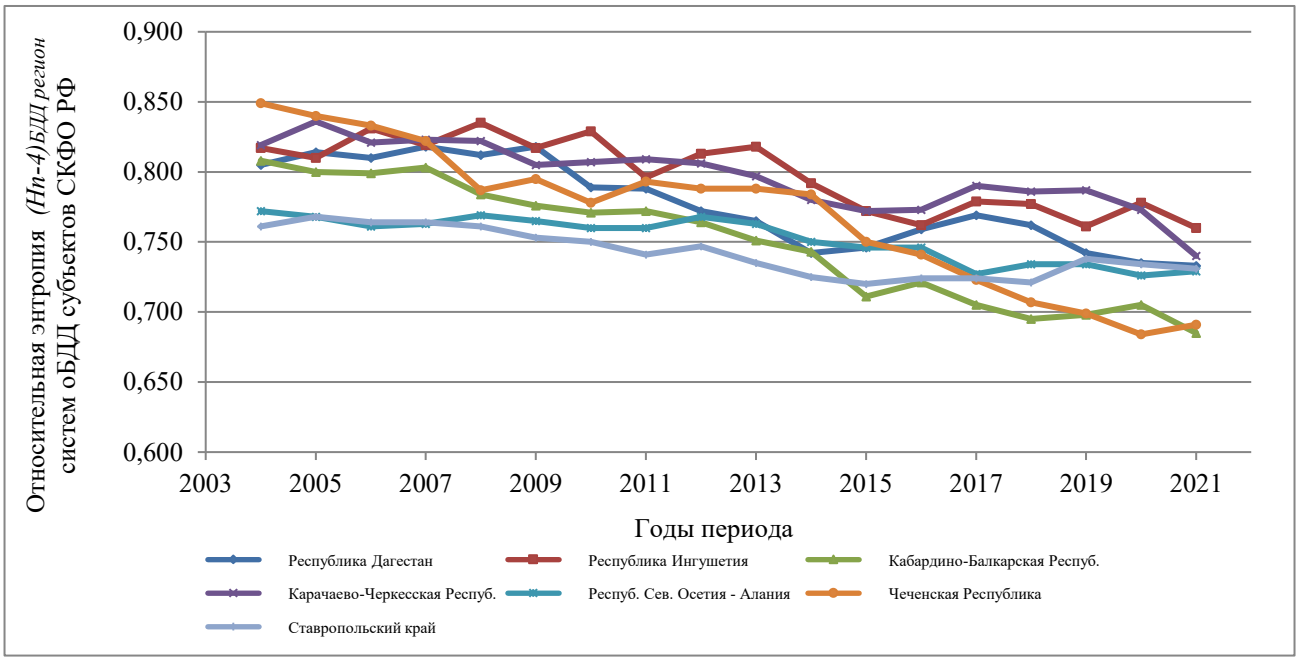


Рисунок 4.20 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ СКФО}$ систем ОБДД субъектов СКФО РФ

В таблицах 4.15 – 4.16 представлены модели, описывающие временные ряды изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ФО}$ систем ОБДД в Южном и Северо-Кавказском Федеральных округах РФ.

Таблица 4.15 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ЮФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект ЮФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Республика Адыгея	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8094 - 0{,}0094 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,973
Республика Калмыкия	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7935 - 0{,}0034 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,481
Республика Крым	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}9384 - 0{,}0108 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,985
Краснодарский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7574 - 0{,}0035 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,704
Астраханская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7473 - 0{,}0005 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,069
Волгоградская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7980 - 0{,}0079 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,877
Ростовская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8027 - 0{,}0074 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,887
г. Севастополь	$H_{п\text{-}4\ БДД\ Д} = 0{,}9030 - 0{,}0096 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,641
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

Таблица 4.16 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ СКФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект СКФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Республика Дагестан	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8263 - 0{,}0052 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,829
Республика Ингушетия	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8373 - 0{,}0041 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,726
Кабардино-Балкарская Респуб.	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8232 - 0{,}0078 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,957
Карачаево-Черкесская Респуб.	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8354 - 0{,}0040 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,805
Респуб. Сев. Осетия - Алания	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7782 - 0{,}0027 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,827
Чеченская Республика	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8593 - 0{,}0094 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,935
Ставропольский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7675 - 0{,}0027 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,731
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

Анализ данных табл. 4.15…4.16 позволяет утверждать об отсутствии подтвержденного тренда снижения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ для системы ОБДД Астраханской области ($r^2 = 0{,}069$) и спорных утверждениях о наличии понижательного тренда для систем ОБДД Республики Калмыкия ($r^2 = 0{,}481$) и г. Севастополь ($r^2 = 0{,}641$). Подобные выводы можно сделать и относительно систем ОБДД таких субъектов РФ как Удмуртская Республика ($r^2 = 0{,}442$), Республика Алтай ($r^2 = 0{,}633$) Республика Тыва ($r^2 = 0{,}106$), Республика Саха (Якутия) ($r^2 = 0{,}476$), Еврейская автоном. область ($r^2 = 0{,}498$), Чукотский АО ($r^2 = 0{,}617$). Заметим, что анализ этого регионального перечня позволяет утверждать о значительной периферийности пространственно-географической локализации данных регионов в пространстве территории Российской Федерации и о специфичности мировоззрения коренного населения этих регионов. Так, для населения Республик Калмыкия и Тыва характерен буддизм, как основной тип религиозности, в рамках которого важен тезис о множественности жизней души человека, в значит смерть и ее вероятность

не являются страшными. Достаточно своеобразно и отношение к смерти в Республике Саха (Якутия), в северо-восточных регионах (Чукотский АО).

Этот тезис является основополагающим в понимании отношения в риску и смерти в вышеперечисленных национальных регионах.

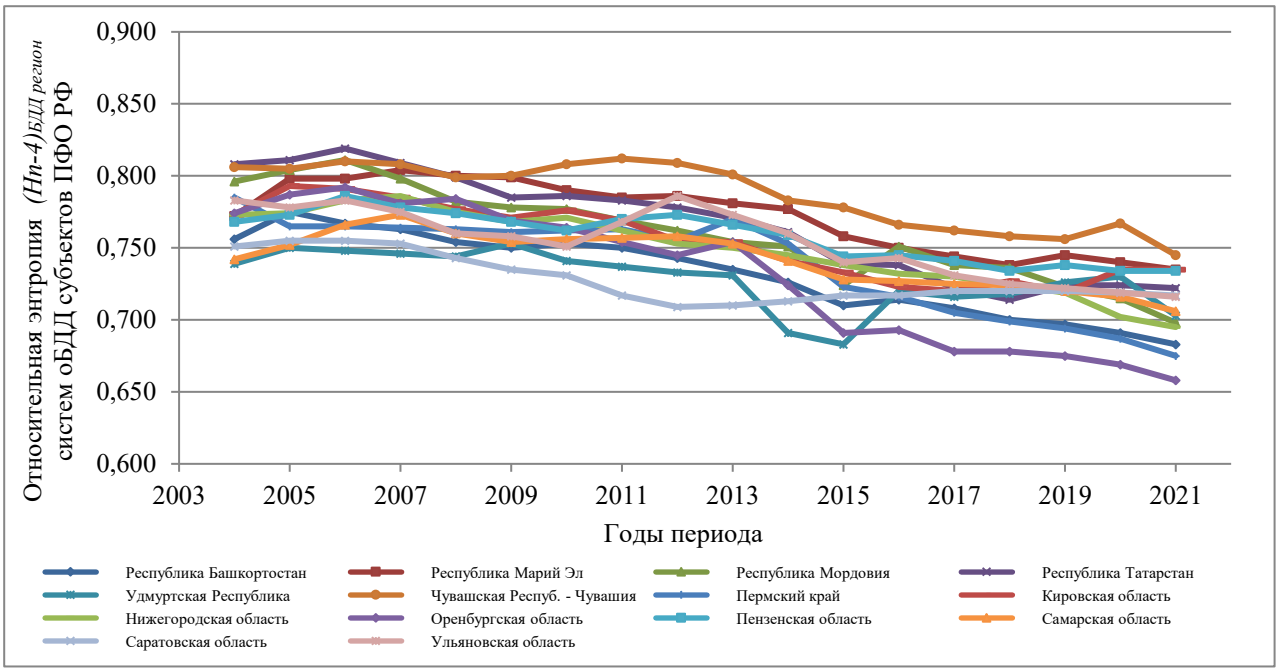


Рисунок 4.21 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ПФО}$ систем ОБДД субъектов ПФО РФ

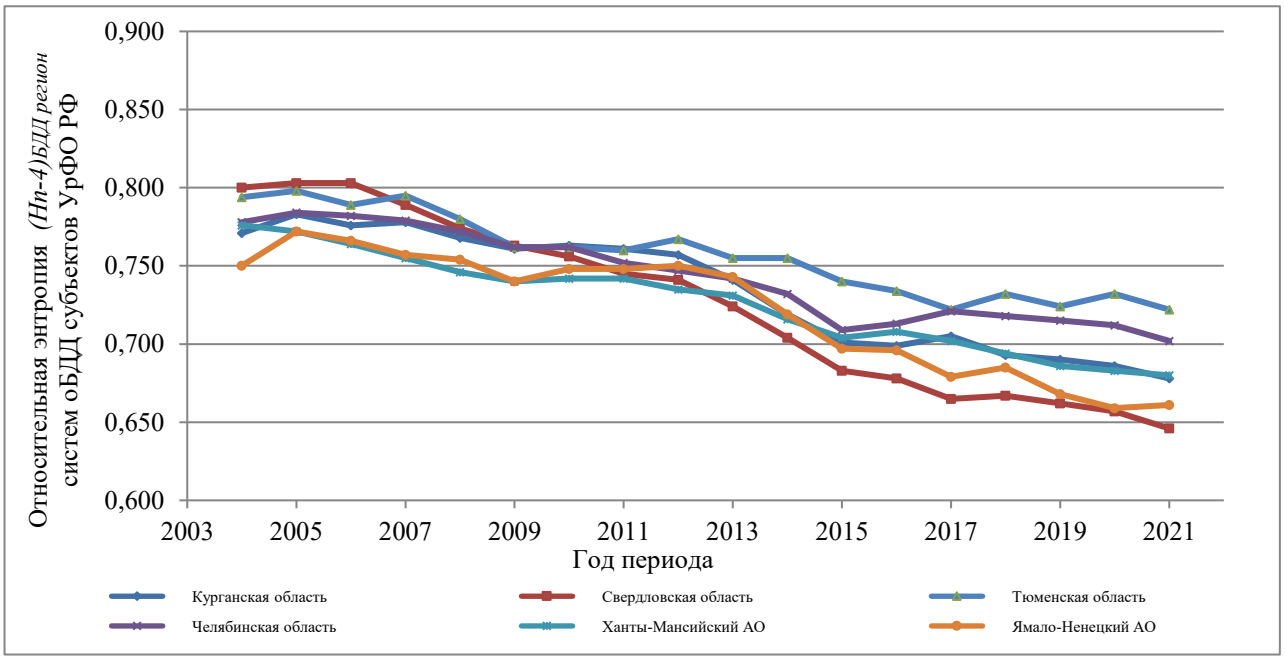


Рисунок 4.22 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ УрФО}$ систем ОБДД субъектов УрФО РФ

В таблицах 4.17…4.18 представлены модели, описывающие временные ряды изменения Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ФО}$ систем ОБДД в Приволжском и Уральском Федеральных округах РФ.

Таблица 4.17 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ПФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект ПФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Республика Башкортостан	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7816 - 0{,}0052 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,941
Республика Марий Эл	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8109 - 0{,}0041 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,772
Республика Мордовия	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8155 - 0{,}0059 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,932
Республика Татарстан	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8258 - 0{,}0066 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,937
Удмуртская Республика	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7520 - 0{,}0025 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,442
Чувашская Респуб. - Чувашия	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8234 - 0{,}0038 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,788
Пермский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7953 - 0{,}0059 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,844
Кировская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7958 - 0{,}0044 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,832
Нижегородская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7959 - 0{,}0049 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,922
Оренбургская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8133 - 0{,}0086 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,922
Пензенская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7862 - 0{,}0030 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,828
Самарская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7714 - 0{,}0031 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,720
Саратовская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7509 - 0{,}0024 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,625
Ульяновская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7914 - 0{,}0039 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,774
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

Таблица 4.18 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ УрФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект УрФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Курганская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7991 - 0{,}0068 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,932
Свердловская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8242 - 0{,}0104 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,976
Тюменская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8020 - 0{,}0048 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,927
Челябинская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7929 - 0{,}0052 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,932
Ханты-Мансийский АО	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7808 - 0{,}0057 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,799
Ямало-Ненецкий АО	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7865 - 0{,}0068 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,883
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

На рисунках 4.23…4.24 приведены модели динамики показателя $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъект\ РФ} = f(Годы\ периода)$ систем СФО и ДФО. Для рисунка 4.23 совершенно вызывающе выглядит тренд динамики $H_{п\text{-}4\ БДД\ Республика\ Тыва}$, значительно отличающийся от трендов всех других субъектов РФ своей постоянностью во времени.

В таблицах 4.19 – 4.20 представлены модели, описывающие временные ряды изменения Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ФО}$ систем ОБДД в Сибирском и Дальневосточном Федеральных округах РФ.

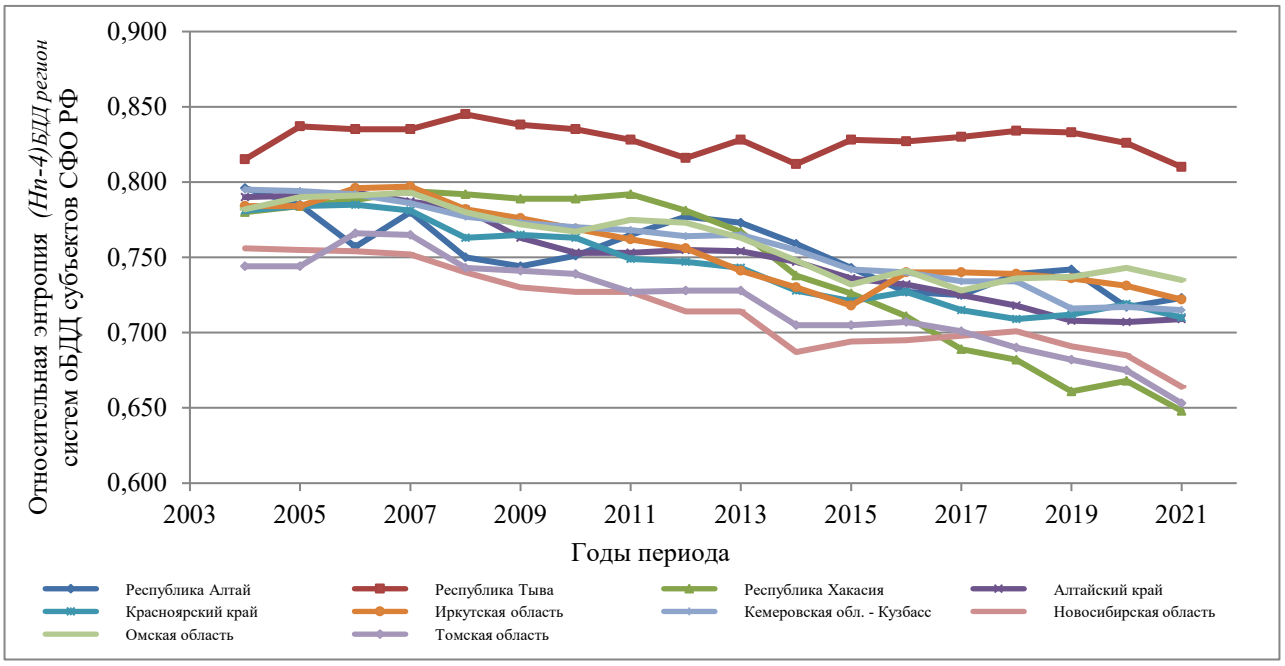


Рисунок 4.23 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ СФО}$ систем ОБДД субъектов СФО РФ

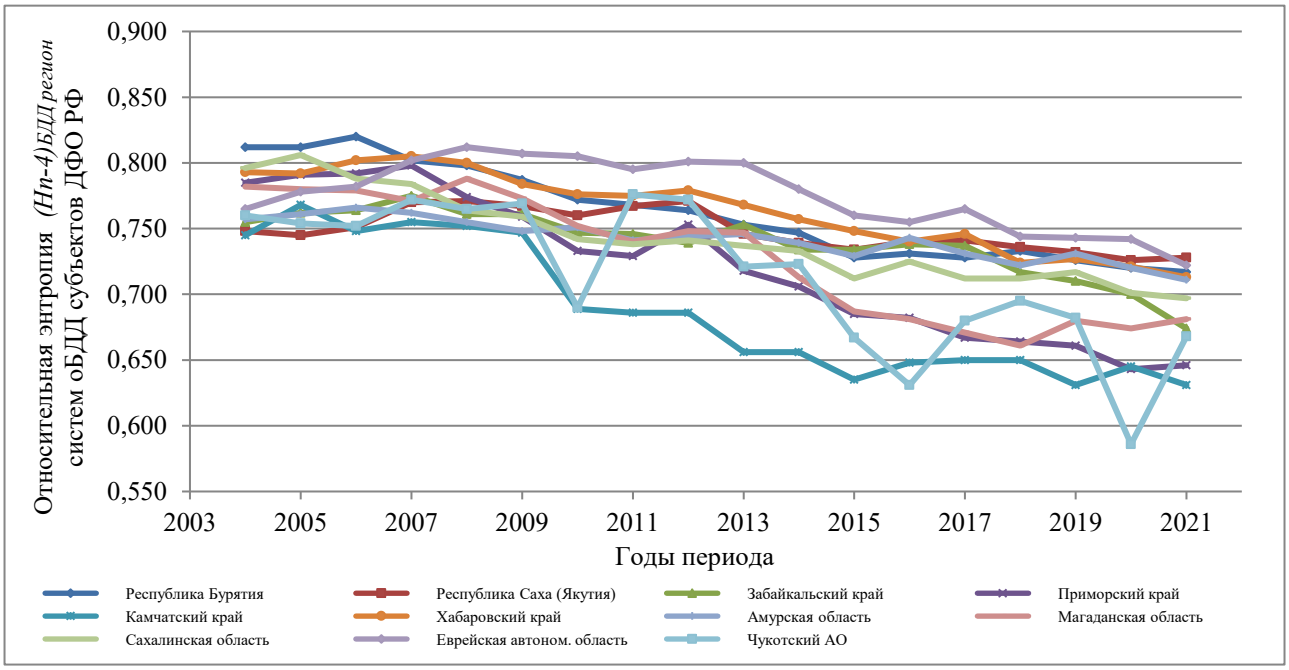


Рисунок 4.24 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ДФО}$ систем ОБДД субъектов ДФО РФ

Таблица 4.19 – Математические модели $H_{n\text{-}4\ БДД\ субъекты\ СФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект СФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{n\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
1	2	3
Республика Алтай	$H_{n\text{-}4\ БДД} = 0,7854 – 0,0034 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,633
Республика Тыва	$H_{n\text{-}4\ БДД} = 0,8340 – 0,0006 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,106

Окончание таблицы 4.19

1	2	3
Республика Хакасия	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8299 - 0{,}0091 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,837
Алтайский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8025 - 0{,}0055 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,965
Красноярский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7926 - 0{,}0051 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,941
Иркутская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7975 - 0{,}0044 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,819
Кемеровская обл. - Кузбасс	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8054 - 0{,}0050 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,975
Новосибирская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7638 - 0{,}0051 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,919
Омская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7974 - 0{,}0039 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,843
Томская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7715 - 0{,}0055 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,889
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021.		

Таблица 4.20 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ ДФО} = f(Годы\ периода)$

Субъект ДФО РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ региона} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Республика Бурятия	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8238 - 0{,}0065 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,949
Республика Саха (Якутия)	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7675 - 0{,}0020 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,476
Забайкальский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7796 - 0{,}0042 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,785
Приморский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8156 - 0{,}0099 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,953
Камчатский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7706 - 0{,}0087 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,859
Хабаровский край	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8158 - 0{,}0055 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,927
Амурская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7681 - 0{,}0027 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,881
Магаданская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8058 - 0{,}0082 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,885
Сахалинская область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7998 - 0{,}0060 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,924
Еврейская автоном. область	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8095 - 0{,}0036 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,498
Чукотский АО	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7920 - 0{,}0081 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,617
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

Краткий анализ представленных результатов (таблицы 4.13…4.20) позволяет сделать три главных вывода.

Первый: в целом анализ трендов динамики значений Относительной энтропии региональных систем ОБДД $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ}$ позволяет делать достаточно оптимистичные выводы о повышении системной организованности в сфере БДД. В ЦФО, СЗФО, ПФО, УрФО организованность региональных систем ОБДД со временем (2004…2021 гг.) растет повсеместно.

Второй: темпы повышения системной организованности для региональных систем ОБДД значительно различаются. Значения показателей b моделей $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ} = f(Годы\ периода)$ варьируются в диапазоне [0,0006; 0,0108].

Третий: существует ряд субъектов РФ, для которых первый вывод о достаточно благоприятных трендах развития ситуации в сфере ОБДД не является

объективным. Это, прежде всего, национальные регионы. Явные антилидеры – Республика Тыва, модель $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ} = f(Годы\ периода)$ которой описывается как $H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8340 - 0{,}0006 \cdot Год\ периода + \varepsilon$ ($r^2 = 0{,}106$) и Республика Саха (Якутия), для которой характерна модель $H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7675 - 0{,}0020 \cdot Год\ периода + \varepsilon$ ($r^2 = 0{,}476$). Данные [208-209] свидетельствуют о досточно низком качестве жизни населения в этих регионах. Аналогичный пример для ЮФО – Республика Калмыкия с моделью $H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7935 - 0{,}0034 \cdot Год\ периода + \varepsilon$ ($r^2 = 0{,}481$) и соседняя с ней Астраханская область с моделью $H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7473 - 0{,}0005 \cdot Год\ периода + \varepsilon$ ($r^2 = 0{,}069$).

В целом, по относительному расположению на координатной плоскости ломаных $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ} = f(Годы\ периода)$ и моделей, их аппроксимирующих, можно судить об относительной (в сравнении с другими регионами данного Федерального округа) степени развитости региональной системы ОБДД.

Для каждого Федерального округа РФ характерен определенный диапазон значений $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ}$ различных регионов. В большинстве случаев этот диапазон составляет около $\Delta(H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ}) = [0{,}05 \ldots 0{,}08]$.

4.4.3. Временные ряды и модели динамики во времени Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ}$ систем ОБДД городов РФ

Полные данные (2004…2021 гг.), характеризующие полную версию причинно-следственной цепочки (5 блоков / 4 звена), есть только для четырех городов РФ – для Москвы, Санкт-Петербурга, Тюмени (город проживания автора) и Севастополь. Именно для систем ОБДД этих городов была возможность построить временные ряды (рисунок 4.25) значений $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ}$.

Анализ показывает, что для сравниваемых городов (Москва, Санкт-Петербург, Тюмень, Севастополь) на протяжении всего периода исследований характерна ощутимая разница между значениями $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ}$. Для Москвы на протяжении всего временного периода (2004…2021 гг.) характерны наиболее низкие (среди сравниваемых городских систем ОБДД) значения $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ}$. Для

г. Севастополь характерна обратная картина – наиболее высокие значения $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ}$.

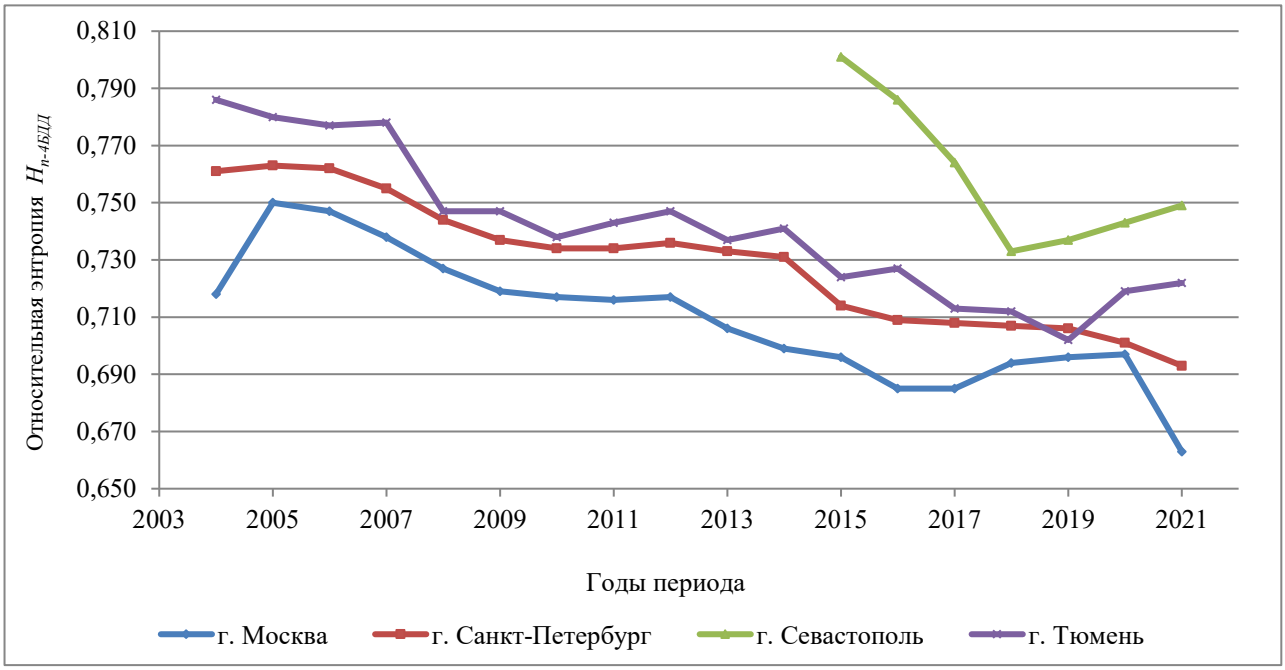


Рисунок 4.25 – Временные ряды (2004…2021 гг.) изменения Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ}$ систем ОБДД городов РФ

В таблице 4.21 представлены модели, описывающие временные ряды изменения Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ}$ систем ОБДД в этих городах.

Таблица 4.21 – Математические модели $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ} = f(Годы\ периода)$

Город РФ	Модель тренда временного ряда $H_{п\text{-}4\ БДД\ город\ РФ} = f(Годы\ периода)$	Значение r^2
Москва	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7453 - 0{,}0038 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,792
Санкт-Петербург	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7683 - 0{,}0041 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,958
Тюмень	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}7852 - 0{,}0044 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,855
Севастополь	$H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}9031 - 0{,}0096 \cdot Год\ периода + \varepsilon$	0,641
Примечание. Год периода в уравнении - № года в размерности (1…18) в течение 2004…2021		

4.4.4. Сравнительные исследования изменения во времени организованности региональных и городских систем ОБДД

Сравним модели [380], характеризующие динамику организованности во времени для городских систем ОБДД (таблица 4.21) с моделями – аналогами, характерными для соответствующих регионов, территориально соответствующих

города. На рисунках 4.26…4.29 представлены соответствующие модели $H_{n\text{-}4\ БДД\ город\ РФ} = f(Годы\ периода)$ и $H_{n\text{-}4\ БДД\ регион\ РФ} = f(Годы\ периода)$.

Для городских систем ОБДД характерны относительно более низкие уровни Относительной энтропии $H_{n\text{-}4}$ БДД, если их сравнивать с региональными. Это легко объяснимо, т.к. именно в городах концентрируются парки транспортных средств; именно в городах создаются сложные системы мониторинга и регулирования движения потоков автомобилей и пешеходов; именно в городах минимизируются скорости движения; именно здесь выше общий уровень системной организованности в сфере ОБДД и, соответственно, ниже значения всех относительных показателей дорожной аварийности. Но что весьма интересно, это разнообразие примеров сравнительной (регион / представительский город – региональный центр) динамики темпов повышения системной организованности в сфере ОБДД. В частности, скорость снижения $H_{n\text{-}4\ БДД}$ в регионах и соответствующих городах-региональных центрах могут быть как более-менее одинаковой, так и весьма различной [380]. На рис. 4.26…4.27 представлены соответствующие сравнительные примеры для пар «регион – город – региональный центр» по двум крупнейшим российским мегаполисам [380].

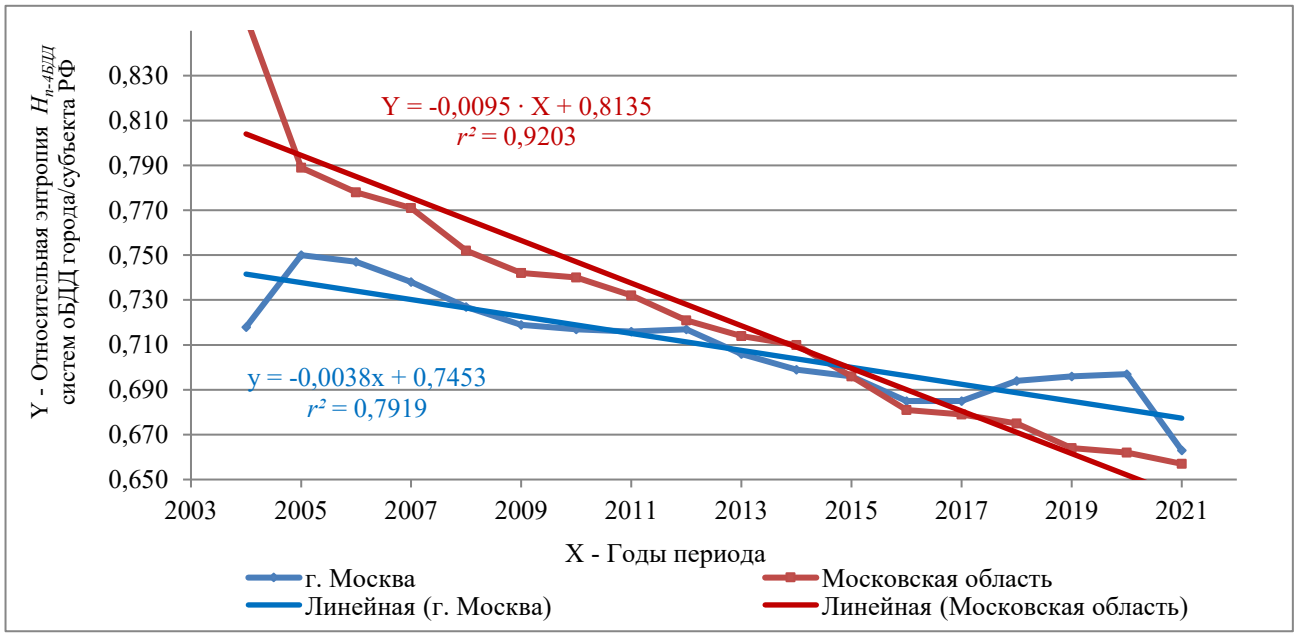


Рисунок 4.26 – Динамика (2004…2021 гг.) изменения $H_{n\text{-}4\ БДД}$ для систем ОБДД г. Москва и Московской области [380]

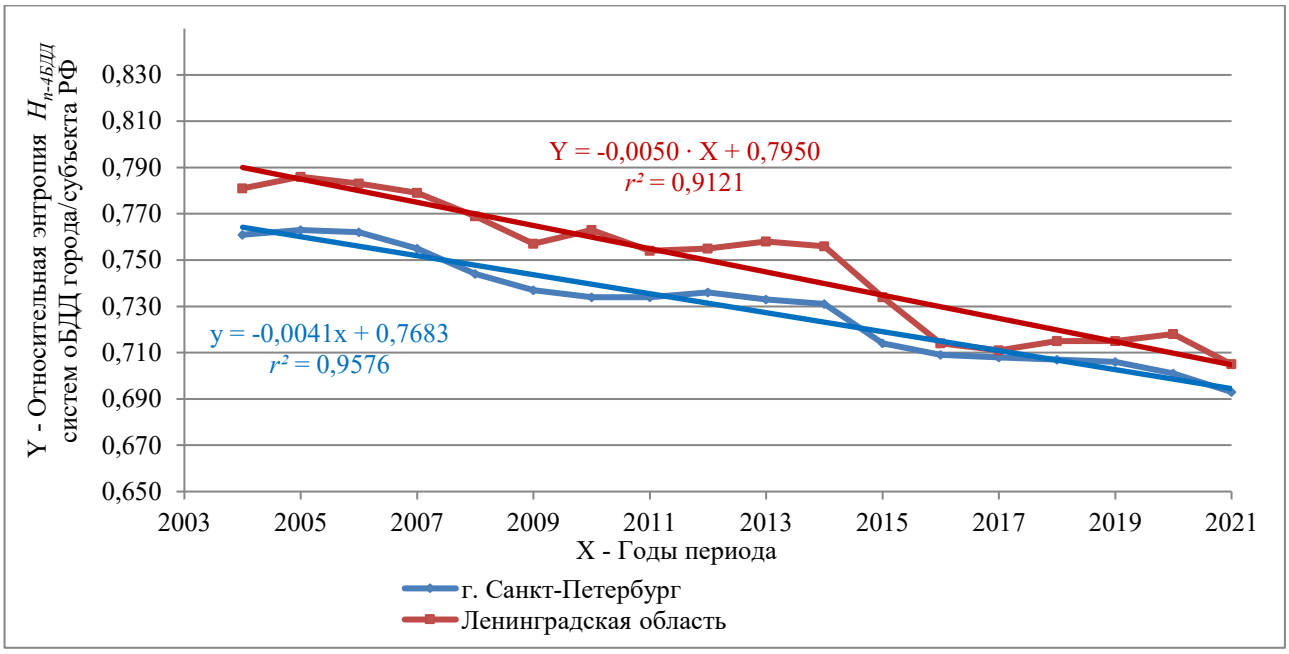


Рисунок 4.27 – Динамика (2004…2021 гг.) изменения $H_{п-4\ БДД}$ для систем ОБДД г. Санкт-Петербург и Ленинградской области [380]

На рис. 4.28…4.29 представлены аналогичные сравнительные примеры для пар «регион – город – региональный центр» по гг. Тюмень и Севастополь.

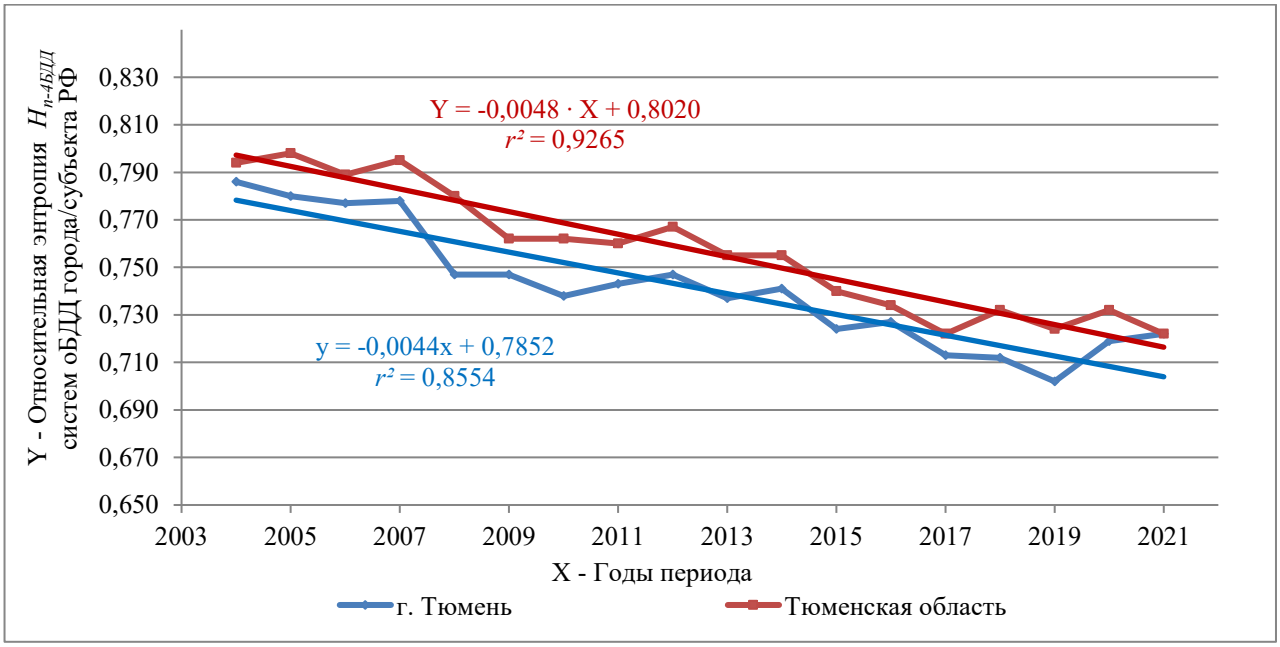


Рисунок 4.28 – Динамика (2004…2021 гг.) изменения $H_{п-4\ БДД}$ для систем ОБДД г. Тюмень и Тюменской области [380]

Явное различие в динамике изменения $H_{п-4\ БДД}$ характерно, например, для систем ОБДД Москвы и Московской области.

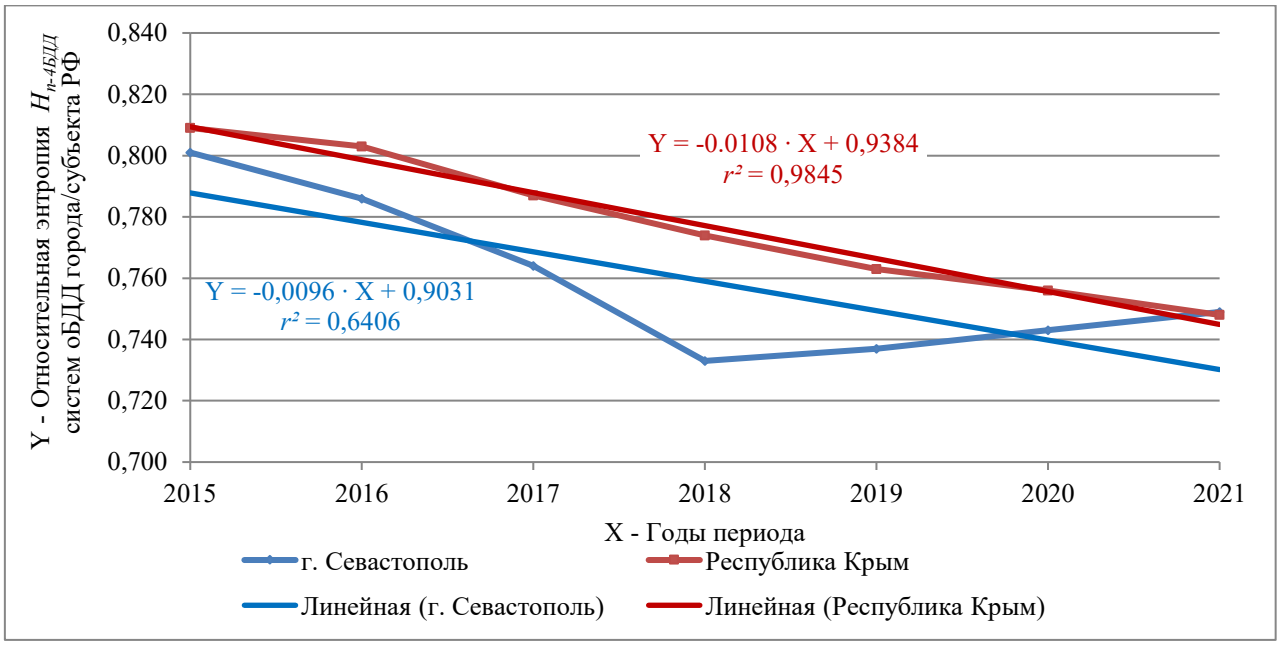


Рисунок 4.29 – Динамика (2004…2021 гг.) изменения $H_{n-4\ БДД}$ для систем ОБДД г. Севастополь и Республики Крым [380]

На рисунке 4.30 представлены результаты оценки различий между показателями системной организованности $\Delta(H_{n-4\ БДД})$ соответствующих региональных и городских систем ОБДД.

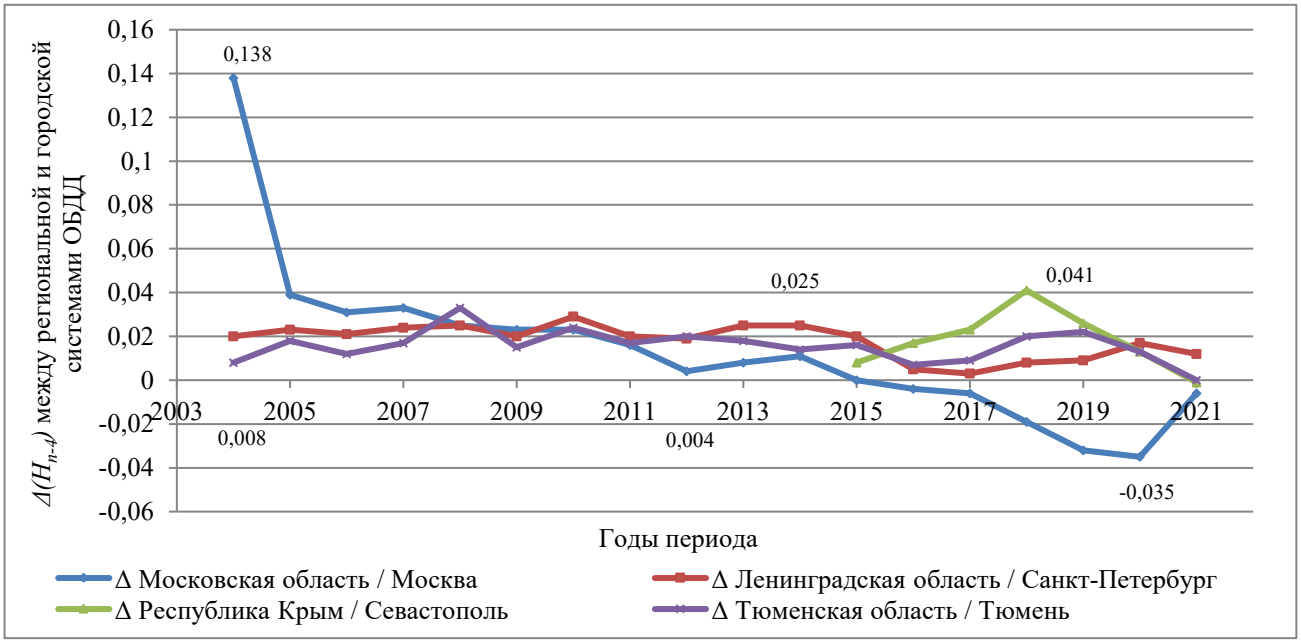


Рисунок 4.30 – Результаты оценки различий между показателями системной организованности $\Delta(H_{n-4\ БДД})$ региональных и городских систем ОБДД

Отмечу, что $\Delta(H_{п\text{-}4\ БДД})$ для региональных и городских систем ОБДД в различные периоды несколько различалась. С учетом этих различий временной период 2004…2021 гг. в отношении сравнения региональных и городских трендов изменения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ можно дифференцировать следующим образом (таблица 4.22).

Анализ данных рисунка 4.30 и таблицы 4.22 должен вызывать вопросы к профессионализму специалистов по ОБД в 2016…2021 гг. Диспропорции (Регион / Город) в темпах изменения ситуации в сфере ОБДД, которых почти не было в 2008…2011 гг., снова нарастают.

Второе важное замечание – о различных типах (вариантах) динамического развития организованности систем ОБДД в регионе / представительном центре (пункте) региона.

Таблица 4.22 – Дифференциация временных периодов (2004…2021 гг.) по признаку особенностей $\Delta(H_{п\text{-}4\ БДД})$

Классификационный признак	Временные периоды			
	2004…2007	2008…2011	2012…2015	2016…2021
Диапазон фактических значений $\Delta(H_п\text{-}4)_{БДД}$	[0,008; 0,138]	→ 0,020	[0,004; 0,025]	[-0,035; 0,041]
Размах $\Delta(H_п\text{-}4)_{БДД}$ для сравниваемых систем	0,130	≈ 0	0, 021	0,076
Влияние государственной политики на динамику $(H_п\text{-}4)_{БДД}$	Диспропорция между городом и регионом	Максимальное выравнивание динамики	Диспропорция между городом и регионом	Диспропорция между городом и регионом

В таблице 4.23 представлены основные сведения о специфике характеристик соответствующих моделей динамики $H_{п\text{-}4\ БДД} = f(Годы\ периода)$.

Таблица 4.23 – Сравнение специфики динамики $H_{п\text{-}4\ БДД}$ для региональной и городской систем ОБДД

Сравниваемые пары	Признак	Значение b модели	$b_{регион}$ / $b_{город}$	Ситуационная идентификация
Московская обл. / Москва	Регион	-0,0095	2,500	Региональные темпы снижения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ значительно выше, чем городские.
	Город	-0,0038		
Ленинградская обл. / Санкт-Петербург	Регион	-0,0050	1,219	Региональные темпы снижения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ незначительно выше, чем городские.
	Город	-0,0041		
Тюменская обл. / Тюмень	Регион	-0,0048	1,091	Региональные темпы снижения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ незначительно выше, чем городские.
	Город	-0,0044		
Республика Крым / Севастополь	Регион	-0,0108	1,125	Региональные темпы снижения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ незначительно выше, чем городские.
	Город	-0,0096		

Несмотря на то, что региональные системы ОБДД во всех четырех случаях показали относительно большие, по сравнению с городскими, темпы снижения $H_{п\text{-}4\ БДД}$, динамика этих процессов все же была различна.

В московском регионе значение параметра b модели $H_{п\text{-}4\ БДД} = a - b \cdot Годы\ периода$ в 2,5 раза превышает значение аналога для городской модели. Начиная с 2015 г. Относительная энтропия $H_{п\text{-}4\ БДД}$ системы ОБДД Московской области ниже, чем аналог для системы ОБДД г. Москва.

Из четырех сравниваемых пар (регион / город) для тюменской пары темп снижения Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД}$ соответствующих систем ОБДД наиболее сопоставим (значение параметра b = 1,091).

4.5. Сопоставление значений Относительной энтропии $H_{п\ БДД}$ систем ОБДД, определенных по двум разным методикам ($H_{п\text{-}4\ БДД}$ и $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$)

Ранее было обозначено, что для идентификации уровня Организованности систем ОБДД разной масштабности (в зависимости от наличия необходимой информации) можно использовать различные подходы. Это различие определяется как по признаку числа звеньев причинно-следственной цепочки (версии $H_{п\text{-}4\ БДД}$ и $H_{п\text{-}3\ БДД}$, так и по различиям в выборе различных звеньев (версии $H_{п\text{-}3.1\ БДД}$ и $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$.

И тут возникает вопрос о том, насколько различаются по величине значения Относительной энтропии $H_{п\ БДД}$ одной и той же региональной системы ОБДД, но определенные по разным методикам.

Итак, идентифицируем зависимость $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ} = f(H_{п\text{-}3.2\ БДД\ субъекты\ РФ})$ с целью идентификации степени важности учета звена «Население – Парк транспортных средств», выведенного из рассмотрения в рамках методики $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$. Эта зависимость представлена на рисунке 4.31.

В случае отсутствия значимости в формировании Относительной энтропии $H_{п\ БДД}$ фактора уровня автомобилизации A статистическая связь между $H_{п\text{-}4\ БДД}$ и $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ должна быть весьма тесной ($r^2 > 0{,}9$). Однако это не так (рисунок 4.31). Значение r^2 = 0,2305, а это значит, что корреляция между $H_{п\text{-}4\ БДД}$ и $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ слабая.

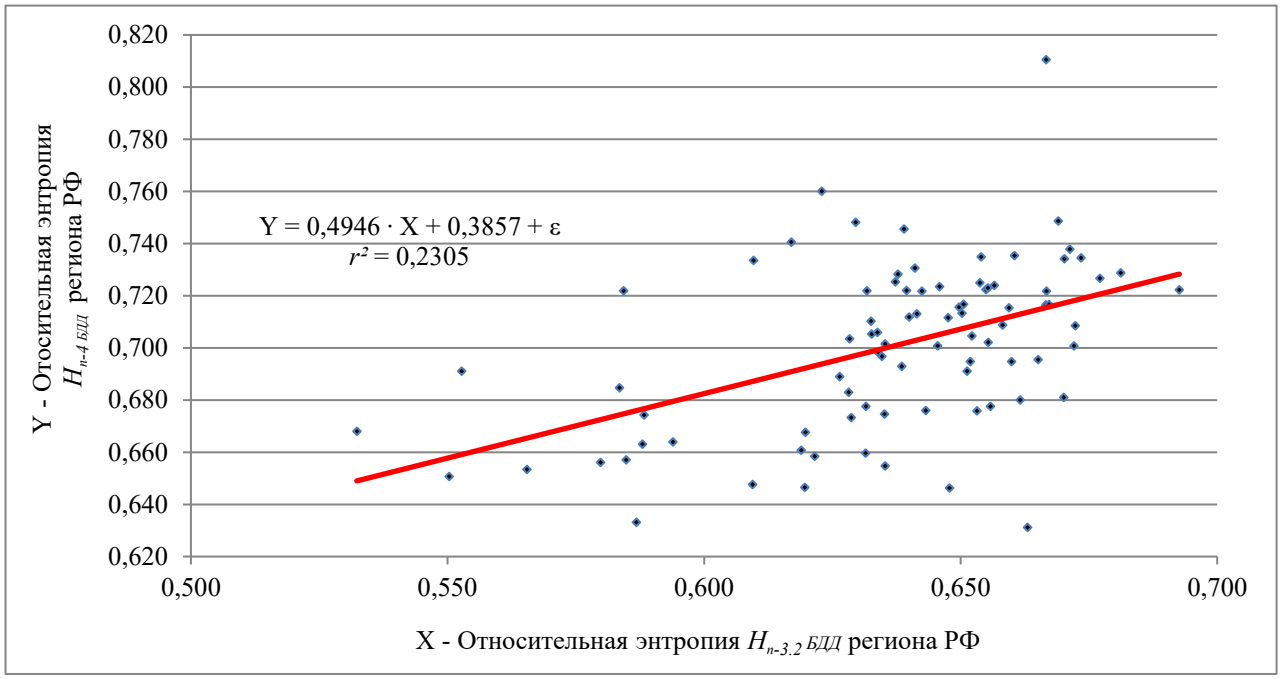


Рисунок 4.31 – Модель зависимости $H_{п\text{-}4\ БДД} = f(H_{п\text{-}3.2\ БДД})$
Значение b = 0,4946 (r^2 = 0,231; F = 14,23; Std. Error: 0,0006)

Вывод отсюда – региональная автомобилизация в большой степени влияет на итоговые выходные характеристики системной (в отношении систем ОБДД) организованности.

Этот вывод аргументируется тем, что различие между методиками расчета $H_{п\text{-}4\ БДД}$ и $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ заключается лишь в наличии (для случая методики $H_{п\text{-}4\ БДД}$) или отсутствии (для случая методики $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$) учета звена «Население – Парк транспортных средств» причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности.

Т.к. вариация статистических данных весьма велика, то можно сделать вывод о значимом влиянии региональной автомобилизации A (характеристика звена «Население – Парк транспортных средств») на процессы формирования системной организованности в сфере ОБДД.

Уровень автомобилизации косвенно задает характеристики использования автомобильного парка и значимо влияет на интенсивность движения на УДС. Пожалуй, уровень автомобилизации A во многом определяет и уровень транспортной культуры, характерной для населения регионов.

Отсюда формулирование *гипотезы* о том, что *для регионов с высоким уровнем автомобилизации Относительная энтропия* $H_{п\text{-}4\ БДД}$ *будет ниже, чем ее аналог* $H_{п\text{-}4\ БДД}$ *для регионов с низким уровнем автомобилизации А.*

На рисунке 4.32 представлена соответствующая модель $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ} = f(A_{\ субъекты\ РФ})$, построенная по данным [151, 208].

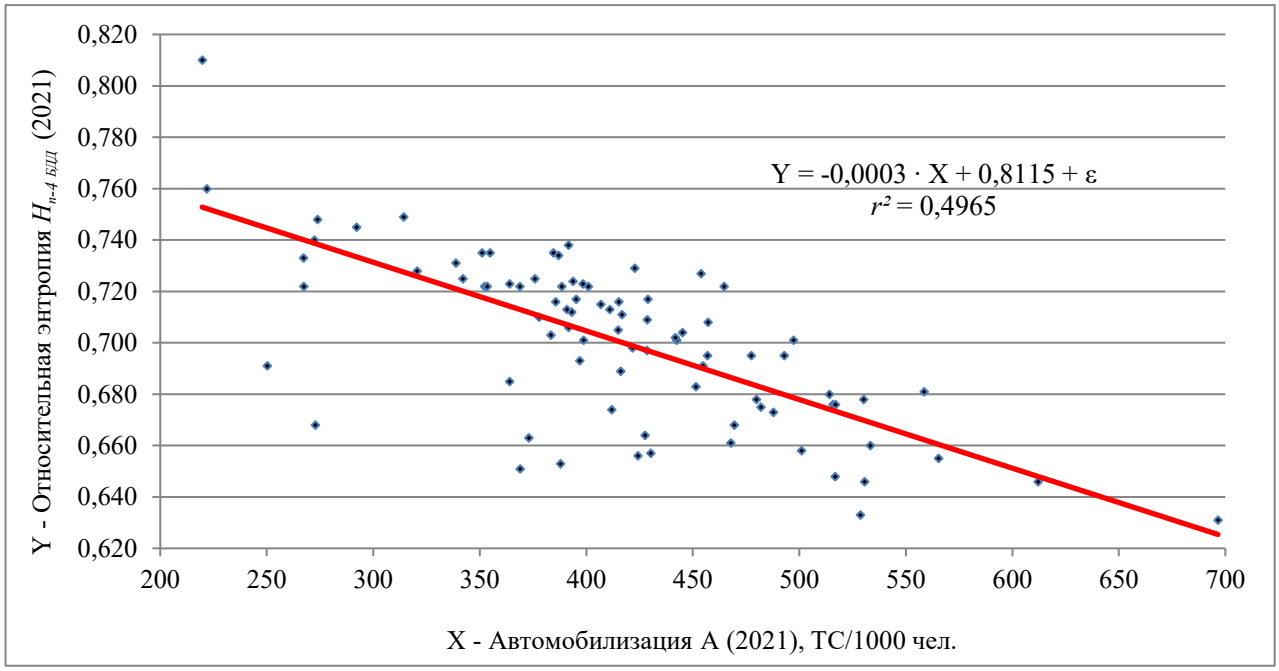


Рисунок 4.32 – Модель зависимости $H_{п\text{-}4\ БДД} = f(A_{\ субъекты\ РФ})$
Значение b = 0,4965 (r^2 = 0,496; F = 93,23; Std. Error: 0,0004)

Модель рисунка 4.32 $H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}8115 - 0{,}0003 \cdot A_{\ субъекты\ РФ} + \varepsilon$ свидетельствует о том, что при приросте автомобилизации A на 100 ТС/1000 чел. Относительная энтропия $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъекты\ РФ}$ снижается на $\Delta H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}03$.

Судя по этой модели, при уровне A = 1000 ТС/1000 чел. Относительная энтропия $H_{п\text{-}4\ БДД\ субъект\ РФ}$ может достигнуть уровня $H_{п\text{-}4\ БДД} = 0{,}5115$.

Понимать это надо следующим образом.

При росте автомобилизации A параллельно будут протекать три основных процесса:

- Усложнение систем регулирования дорожного движения (введение многофазных систем светофорного регулирования и т.п.), что в свою очередь

будет снижать скорость сообщения V_c транспортных средств или, иначе среднюю скорость потоков транспорта на УДС.

- Низкие скорости движения изменят параметры транспортного потока, что повлияет на изменение структуры процесса аварийности. Изменятся (очевидно, снизятся) величины относительных показателей *HR, TR, Масшт.$_{ДТП}$, Тяж.$_{ДТП}$.*
- Изменение структуры показателей *HR, TR, Масшт.$_{ДТП}$, Тяж.$_{ДТП}$* повлияет на изменение структуры показателей переходных коэффициентов K_i, а именно K_N, K_{RA}, K_V, K_D.

А уже это повлияет на изменение итогового значения $H_{п\text{-}4\ БДД}$ для региональных систем ОБДД. Аналогичные рассуждения справедливы и в отношении изменения значения $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ для городских систем ОБДД.

Важно понимать и то, что уровень автомобилизации A населения является производной или следствием широкого круга обстоятельств, среди которых немаловажное значение играет не только степень развитости транспортной системы, но и, прежде всего, феномен качества жизни населения, который принято определять сложным расчетным образом в форме региональных Индексов качества жизни [208]. К тому же качество жизни населения косвенно влияет на качество автопарка, а значит и на уровень активной, пассивной и послеаварийной безопасности владельцев автомобилей.

4.6. Философские основания для построения информационно-энтропийной концепции оценки и совершенствования качества управления БДД

Материалы, представленные выше, позволяют достаточно убедительно рекомендовать использование информационно-энтропийного метода для оценки качества системного управления БДД.

С позиций формулирования целевой функции это может быть представлено как «*Необходимо повышать уровень системной организованности БДД, т.е. стремиться к снижению величины Относительной энтропии процессов ОБДД в стране, регионе или городе*».

Согласно идеологии «золотого сечения», концепцию которого в РФ и Республике Беларусь активно развивает Э.М. Сороко [361-363], можно предположить, что наиболее рациональное соотношение между процессами организации (т.е. системного упорядочивания; повышения системной организованности) и дезорганизации (системного хаоса) определяется как 0,618 / 0,382 (сумма долей равна 1,0), где доля 0,618 приходится именно на долю хаотичности системных процессов, а доля 0,382 соответствует тем процессам, которые определяют внешнее воздействие на систему, т.е. доле организованности. Э.М. Сороко приводит в своих работах [361-363] убедительную аргументацию распределения долей, приходящихся на Хаос и Порядок любой системы от целого в гармоничном состоянии именно в этих пропорциях (0,618 / 0,382). Пользуясь его аргументацией, перенесем его рекомендательные подходы на почву оценки качества управления процессами ОБДД.

Итак, в качестве целевой функции управления БДД в РФ можно отметить целевой показатель $H_{п\text{-}4\ БДД\ цель}$ = 0,618. Как было показано выполненными исследованиями организованности региональных и городских систем ОБДД выше, этого уровня пока не достиг ни один регион (город) в стране.

Возникает вопрос о принципиальной возможности достижения этого уровня организованности систем ОБДД. Ответ на этот вопрос положительный. По официальным данным ВОЗ 2023 года в Норвегии были достигнуты следующие показатели, характеризующие процесс формирования БДД в стране (таблица 4.24).

Таблица 4.24 – Официальные данные, характеризующие процессы формирования БДД в Норвегии (2023)

Показатели, характеризующие состояние системы ОБДД Норвегии-2023 [WHO-2023]				
Население (P) Норвегии (2023), чел.	Парк (N_{Vh}) (2023), ТС	Число ДТП (N_{RA}) (2023), ед.	Число пострадавших (N_V) (2023), чел.	Число погибших (N_D) (2023), чел.
5391369	5819916	9580	14501	110

При таких исходных данных итоговое расчетное значение Относительной энтропии государственной системы ОБДД Норвегии $H_{п\text{-}4\ БДД\ Norway\text{-}2023}$ = 0,611.

Ответ на вопрос о том, как удалось Норвегии достичь такого высокого уровня организованности государственной системы ОБДД можно найти в материалах М.Ю. Блинкина [94]. Решающее воздействие на уровень БДД оказывают как минимизация допустимых скоростей движения (в большинстве случаев 50 км/ч в городах), так и очень высокие штрафные санкции за нарушение требований к скоростному режиму (рисунок 4.33).

Штрафы за превышение скорости на 21 км/ч (сопоставление по средней заработной плате в пересчете по паритету покупательной способности)[6]

Страны	*Штраф за превышение скорости на 21 км/ч, евро (по кросс-курсу 2019 г.)*	*Среднемесячная заработная плата в пересчете по ППС по кросс-курсу 2019 г., евро*	*Штраф за превышение скорости на 21 км/ч, в процентах к среднемесячной заработной плате по ППС*
Норвегия	*914*	*3962*	*23,07%*
Швейцария	*560*	*4882*	*11,47%*
Швеция	*335*	*3424*	*9,78%*
Дания	*405*	*4191*	*9,66%*
Финляндия	*312*	*3351*	*9,31%*
Венгрия	*135*	*1923*	*7,02%*
Португалия	*120*	*1953*	*6,14%*
Испания	*150*	*2842*	*5,28%*
Бельгия	*205*	*4077*	*5,03%*
Италия	*143*	*2874*	*4,98%*
Греция	*100*	*2014*	*4,97%*
Словакия	*80*	*1866*	*4,29%*
Словения	*125*	*2949*	*4,24%*
Франция	*135*	*3482*	*3,88%*
Латвия	*80*	*2087*	*3,83%*
Нидерланды	*157*	*4147*	*3,79%*
Великобритания	*118*	*3463*	*3,41%*
Люксембург	*145*	*5037*	*2,88%*
Эстония	*63*	*2222*	*2,84%*
Ирландия	*80*	*3703*	*2,16%*
Польша	*48*	*2344*	*2,05%*
Германия	*80*	*3933*	*2,03%*
Литва	*40*	*2120*	*1,89%*
Чехия	*38*	*2147*	*1,77%*
Австрия	*50*	*3953*	*1,26%*
Россия	*6*	*1450*	*0,42%*

Рисунок 4.33 – Скриншот материалов М.Я. Блинкина [94]

Главной причиной того, что странах Евросоюза уровень Социального риска *HR* значительно ниже, чем в России, являются не только высокие требования к обеспечению БДД, но и суровые санкции за их невыполнение. Возможно, именно

непривычка россиян следовать требованиям закона (суверенный менталитет) и своеобразное нежелание (боязнь) властей повышать штрафы являются одной из важнейших причин невысокого уровня системной организованности сферы ОБДД в России.

Однако, возвращаясь к объяснению различного уровня величин $H_{n\text{-}4\ БДД}$ в регионах РФ, рассмотрим сравнение двух вариантов влияния весовой значимости звеньев причинно-следственной цепочки формирования аварийности на формирование величины Относительной энтропии БДД $H_{n\text{-}4\ БДД}$, представленное в таблице 4.25. В условиях отсутствия внешнего насилия все элементы изучаемого процесса будут иметь равную значимость или «вес». В условиях же присутствия внешнего управления, управляемая система находится под его влиянием и «вес» звеньев процесса становится неравнозначным. Именно наличие внешнего управленческого воздействия определяет различную значимость разных звеньев причинно-следственной цепочки процесса ОБДД.

Таблица 4.25 – Сравнение двух вариантов влияния весовой значимости звеньев причинно-следственной цепочки формирования аварийности на формирование величины Относительной энтропии БДД $H_{n\text{-}4\ БДД}$

Звено причинно-следственной цепочки «Население - <…> - Погибшие в ДТП»	«Весовая значимость» звеньев причинно-следственной цепочки «Население - <…> - Погибшие в ДТП»	
	Случай отсутствия внешнего управления ($H_{n\text{-}4\ БДД} = 1{,}0$)	Фактическая ситуация РФ-2025 ($H_{n\text{-}4\ БДД\ РФ\text{-}2025} = 0{,}688$)
Население – Парк ТС	0,25	0,084
Паркт ТС – Число ДТП	0,25	0,630
Число ДТП – Число пострадавших в ДТП	0,25	0,030
Число пострадавших в ДТП – Число погибших в ДТП	0,25	0,256
Все звенья цепочки и их суммарная «весовая значимость»	$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$	$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

С учетом того, что в различных регионах (городах) РФ значимость различных звеньев причинно-следственной цепочки процесса ОБДД задается очень по-разному, в разных субъектах РФ, в разных городах страны формируется различный

уровень информационно-энтропийной организованности т.е., по факту – качества внешнего управления системами ОБДД. Оценивать уровень качества управленческого процесса в сфере ОБДД необходимо с использованием показателя системной Относительной энтропии $H_{п\ БДД}$.

Итоговым выводом по разделу может быть следующая формулировка: *Использование методологии информационно-энтропийной оценки структуры процесса формирования аварийности и частных методических рекомендаций, основанные на базовых положениях этой методологии, позволяет решать самые проблемные задачи в сфере обеспечения БДД – корректно оценивать качество управления БДД и выявлять проблемные звенья причинно-следственной цепочки, работа над совершенствованием которых может значительно повысить безопасность участников дорожного движения.*

ГЛАВА 5. ОСМЫСЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ФИЛОСОФИЯ СТРУКТУРНО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: СЛУЧАЙ РОССИЙСКИХ ГОРОДОВ

Материалы, представленные в данном разделе, послужили основой авторских статей [381-394]. Первоначальные идеи автора были презентованы в [381-388]. Консолидированно этот материал представлен в [389]. Также ряд осмыслений и выводов по этой теме представлен в [390-394].

5.1. Иллюстрация смысловой нагрузки использования информационно-энтропийного подхода к анализу особенностей процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в городах Российской Федерации

Суть управления, как рода профессиональной деятельности, заключается в переводе управляемой системы из ее фактического состояния в желаемое или целевое. Эффективность управленческой деятельности зависит от двух обстоятельств – корректности целеполагания и выбора максимально эффективных инструментов решения задач по достижению поставленных целей.

В то же время, процессы управления любой системой и любым процессом в обязательном порядке должны учитывать специфику управляемой системы, которая задается системной структурой, т.е. в конечном итоге «весовыми соотношениями» или системной значимостью различных элементов этой системы или этапов процесса.

Конечной целью процессов управления БДД является минимизация социально-экономического ущерба от аварийности. Достижение конечной цели сопряжено с достижением промежуточных целей – таких как сокращение (минимизация числа ДТП, числа пострадавших, погибших в ДТП и минимизацией ущербов всех видов). Использование информационно-энтропийного анализа позволяет оценить вклад в достижение итоговой цели частных задач и перераспределить управленческие усилия (например, оптимизировать ресурсное

распределение). Согласно итогам Всероссийской переписи населения 2020 г. [395] в России насчитывается 1125 городов. Однако лишь 170 из них – с населением более 100 тыс. чел. Обычно города классифицируют по численности населения по следующим группам:

- малые (население до 50 тыс. чел.);
- средние (население от 50 до 100 тыс. чел.);
- большие (население от 100 до 250 тыс. чел.);
- крупные (население от 500 тыс. до 1 млн. чел.);
- крупнейшие (население от 1 до 3 млн. чел.);
- сверхкрупные (население свыше 3 млн. чел).

Пожалуй, важно указать, что крупнейшие и сверхкрупные города обычно не дифференцируют раздельно и объединяют в одну группу крупнейших городов.

Автором были проведены исследования и последующая оценка Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД\ 2021}$ городских систем ОБДД в городах России трех категорий (Приложение 6). В таблице 5.1 представлены сводные результаты этой оценки.

Таблица 5.1 – Общая характеристика городов Российской Федерации, системы ОБДД которых были исследованы на предмет уровня их организованности (оценочная характеристика - $H_{п\text{-}3.2\ БДД\ 2021}$)

Показатель	Население, тыс. чел.		
	1500…13000	500…1000	50…100
Классификационная категорийность города	Категория А	Категория В	Категория С
Число городов в исследовании $N_{гор}$, ед.	4	23	65
Социальный риск *HR*, погибших в ДТП/100000 чел.	[2,75-5,08]	[0,79-6,75]	[1,06-22,52]
Тяжесть ДТП Sev_{RTA}, % погибших от числа пострадавших	[3,35-7,06]	[1,75-6,93]	[1,11-19,05]
Сводные данные представлены в Приложении 6	Таблица П. 6.1	Таблица П. 6.2	Таблица П. 6.3

Выбор для сравнительных исследований особенностей процессов ОБДД в таких непохожих наборов городов определялся следующими соображениями.

· Сравниваемые группы городов не являются соседями по классификации (разница в численности населения достигает 3…10 крат).

· Стиль, организация и качество жизни горожан в таких городах кардинально различаются.

· Структурная сложность систем управления важнейшими подсистемами городского хозяйства в таких городах также значительно различается.

Данные о численных значениях показателей, необходимых для расчета величины Относительной энтропии БДД по методике $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ получены на официальном сайте ГАИ МВД РФ [151].

5.2. Результаты изучения специфики информационной энтропии процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в городах Российской Федерации

5.2.1. Оценка Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД

Назначение информации раздела 5 диссертации – попытка осмыслить результаты проведенного информационно-энтропийного анализа процессов формирования дорожно-транспортной аварийности (раздел 4) и удобнее и понятнее это можно сделать на примере разбора процессов, формирующихся в системе ОБДД городов. Именно городские примеры могут быть более наглядными. Именно на примере городских систем ОБДД можно наглядно прочувствовать суть связи между организованностью городских систем ОБДД и методами и приемами управления дорожным движением в городах с целью ОБДД.

Анализ фактических значений Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$, определенных в отношении городских систем ОБДД (2021), показал, что:

· для систем ОБДД городов категории А (население более 1 млн. чел.) характерен диапазон значений $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ = [0,596; 0,650];

· для систем ОБДД городов категории В (население от 500…1000 тыс. чел.) характерен диапазон фактических значений $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ = [0,581; 0,709];

· для систем ОБДД городов категории В (население 50…100 тыс. чел.) характерен диапазон фактических значений $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ = [0,490; 0,707].

В таблицах 5.2…5.3 представлена частотность распределения значений $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ систем ОБДД городов категорий В (крупных) и С (малых) по диапазонам значений.

Таблица 5.2 – Распределение городских систем ОБДД в крупных (500 тыс. чел. < Население < 1000 тыс. чел.) городах России (2021) по диапазонам значений Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$

Диапазоны значений Относительной энтропии городских систем ОБДД $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$						
≤ 0,600	0,601…0,620	0,621…0,640	0,641…0,660	0,661…0,680	0,681…0,700	≥ 0,701
Распределение числа городских систем ОБДД по диапазонам значений $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$, ед.						
1	1	1	7	7	5	1
4,3 %	4,3 %	4,3 %	30,4 %	30,4 %	21,7 %	4,3 %

Таблица 5.3 – Распределение городских систем ОБДД в малых (50 тыс. чел. < Население < 100 тыс. чел.) городах России (2021) по диапазонам значений Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$

Диапазоны значений Относительной энтропии городских систем ОБДД $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$						
≤ 0,600	0,601…0,620	0,621…0,640	0,641…0,660	0,661…0,680	0,681…0,700	≥ 0,701
Распределение числа городских систем ОБДД по диапазонам значений $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ ед.						
20	4	16	10	9	5	1
30,8 %	6,2 %	24,6 %	15,4 %	13,8 %	7,7 %	1,5 %

Легко отметить, что для малых городов характерно смещение значений Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ влево относительно аналогов $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ для крупных городов. Т.е. в целом энтропия систем ОБДД в малых городах ниже, чем в крупных.

5.2.2. Специфика особенностей процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в городских системах ОБДД с различным уровнем организованности

В таблице 5.4 представлены данные, необходимые для осмысления специфики процессов формирования дорожной аварийности в городах с различными уровнями Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$.

Обратим внимание, что характерны определенные соотношения $K_{i\ лидер}$ / $K_{i\ аутсайдер}$ между соответствующими значениями K_i для городов-лидеров и городов-аутсайдеров по каждой категории (таблица 5.5).

Таблица 5.4 – Сравнение значений Относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ для систем ОБДД двух городов РФ однотипной категории (2021) и объяснение этой разницы на основе величин K_i

№№ ранга в группе городов	Город	Социальный риск *HR*, погибшие / 100 тыс. чел.	Тяжесть ДТП, % погибших от числа пострадавших в ДТП	$H_{n\text{-}3\ БДД}$	Значение коэффициентов информационной передачи K_i по причинно-следственной цепочке процесса формирования дорожно-транспортной аварийности		
					$K_1 = K_{RA}$	$K_2 = K_V$	$K_3 = K_D$
Города с населением от 1500 тыс. чел. до 13000 тыс. чел.							
1 - лидер	Екатеринбург	4,27	4,36	0,650	0,00075	1,2998	0,0436
…….							
4 - аутсайдер	Новосибирск	5,08	7,06	0,596	0,00060	1,1990	0,0706
Города с населением от 500 тыс. чел. до 1000 тыс. чел.							
1 - лидер	Тюмень	6,24	2,52	0,709	0,00178	1,3960	0,0252
…….							
23 - аутсайдер	Томск	2,99	6,44	0,581	0,00040	1,1630	0,0644
Города с населением от 50 тыс. чел. до 100 тыс. чел.							
1- лидер	Березовский	6,63	4,08	0,707	0,00103	1,5806	0,0408
…….							
65 - аутсайдер	Ивантеевка	3,62	13,64	0,490	0,00024	1,1000	0,1364

Таблица 5.5 – Специфика разнообразия дорожно-транспортной аварийности для городов одной категории, определяемая соотношением $K_{i\ лидер} / K_{i\ аутсайдер}$

Города	$K_{i\ лидер} / K_{i\ аутсайдер}$ для городов определенной категории		
	$K_1 = K_{RA}$	$K_2 = K_V$	$K_3 = K_D$
Категория А	1,25	1,08	0,61
Категория В	4,45	1,20	0,39
Категория С	4,29	1,44	0,30

Итак, разнообразие численных значений $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ для городов одной классификационной группы связано с разнообразием комбинаций величин значений K_i (которые, в свою очередь идентифицируют специфику процессов формирования дорожной аварийности).

В разных городах России феномен дорожно-транспортной аварийности имеет характерные специфические особенности.

Представленный тезис справедлив, в той или иной степени, для систем ОБДД российских городов всех трех категорий.

5.2.3. Структурная интерпретация результатов оценки Относительной энтропии $H_{n\text{-}3\ БДД}$ систем ОБДД российских городов. Конкретный сравнительный пример смысловой интерпретации различных результатов оценки Относительной энтропии $H_{n\text{-}3\ БДД}$

Интерпретация данных таблиц 5.4…5.5 позволяет построить следующую умозрительную картину. В городах, Относительная энтропия систем ОБДД $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ которых высока ($H_{n\text{-}3.2\ БДД} \geq 0{,}700$), весьма высока вероятность ДТП (высокие значения $K_1 = K_{RA}$), но шанс гибели в них относительно невысок (низкие значения $K_3 = K_D$). И, наоборот, в городах, Относительная энтропия систем ОБДД $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ которых достаточно низкая ($H_{n\text{-}3.2\ БДД} \leq 0{,}600$), вероятность возникновения ДТП ниже (низкие значения $K_1 = K_{RA}$), но выше шанс погибнуть (высокие значения $K_3 = K_D$) в этих ДТП. Две этих противоположных по сути диспозиции усугубляются спецификой удельного числа (на 1 среднестатистическое ДТП) пострадавших. Значение $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ несколько выше при высоких уровнях $K_2 = K_V$.

Смысл данной интерпретации – структурная дифференциация значимости с позиций итогового результата аварийности – гибели людей в ДТП – вероятностей различных этапов процесса формирования дорожно-транспортной аварийности.

Автор живет и работает в городе Тюмень, для системы ОБДД которого характерно самое высокое значение $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ среди сопоставимых по численности населения российских городов ($H_{n\text{-}3.2\ БДД\ 2021} = 0{,}709$). Насмотренность, опыт и знание внутренней политики в сфере ОБДД в своем родном городе позволяет автору осмысливать глубинные внутренние связи между принимаемыми решениями и их реализацией и итоговой спецификой дорожно-транспортной аварийности в Тюмени. Одним из аспектов этого понимания является ощущение фактической реализации диалектических законов Гегеля в сфере ОБДД.

Но для наглядности размышлений автора на предмет энтропийной специфики в сфере ОБДД представлю сравнение внутренних механизмов формирования процессов дорожной аварийности в городах с относительно высоким (Тюмень, $H_{n\text{-}3.2\ БДД\ 2021} = 0{,}709$) и низким (Новосибирск, $H_{n\text{-}3.2\ БДД\ 2021} = 0{,}596$)

уровнями организованности. Т.е. будут сравниваться системы ОБДД, которые можно идентифицировать как системы-антиподы (по уровня системной организованности). Эмпирический опыт автора позволяет провести сравнительную оценку двух непохожих по своей сути стратегий ОБДД, выбранных и реализуемых муниципальной властью этих городов. В таблице 5.6 приведены необходимые для осмысления данные.

Таблица 5.6 – Данные, характеризующие структурную специфику дорожно-транспортной аварийности в сравниваемых городах (2021)

Город	Население, чел.	Число ДТП, ед.	Число пострадавших в ДТП, чел.	Число погибших в ДТП, чел.	Расчетные значения (2021)			
					K_1 (K_{RA})	K_2 (K_V)	K_3 (K_D)	$H_{п\text{-}3.2\ БДД}$
Новосибирск	1633595	980	1175	83	0,00060	1,1990	0,0706	0,596
Тюмень	816800	1452	2027	51	0,00178	1,3960	0,0252	0,709
Сравнение $K_{i\ Тюмень}$ / $K_{i\ Новосибирск}$					2,97	1,16	0,36	1,19

Первое, на что сразу обращаешь внимание – значительно большее количество ДТП и число пострадавших в ДТП в Тюмени – городе, численности населения которого в два раньше меньше, чем в Новосибирске.

Итак, зафиксируем, что более высокая вероятность формирования ДТП характерна для Тюмени. И эта вероятность в 3 раза выше, чем в Новосибирске ($K_{1\ Тюмень}$ / $K_{1\ Новосибирск}$ = 0,00178 / 0,00060 = 2,97).

Второе – тяжесть ДТП или доля погибших от числа пострадавших в ДТП в Тюмени почти в 3 раза ниже, чем в Новосибирске ($K_{3\ Тюмень}$ / $K_{3\ Новосибирскk}$ = 0,0252 / 0,0706 = 0,36). Т.е. при значительно меньшем, чем в Тюмени, числе ДТП, смертность участников этих ДТП в Новосибирске значительно выше.

Итак, структура дорожно-транспортной аварийности в Новосибирске и Тюмени принципиально разная.

Относительная энтропия $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ определяет степень неопределенности вероятности гибели горожан в ДТП. И сравнение величин Относительная энтропия $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД характеризует дорожную ситуацию в

Новосибирске как *более определенную*, чем в Тюмени, *с позиций вероятности гибели людей в ДТП*. При этом необходимо помнить, что вероятность гибели людей в ДТП – не единственный признак характеризующий состояние системы ОБДД. Аспект смысловой многозначности характеристик состояния системы ОБДД будет рассмотрен в следующем разделе данной главы. А сейчас сравним удельные (на 1000 чел.; на 1 км^2 площади города) показатели дорожно-транспортной аварийности в Новосибирске и Тюмени (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Данные, характеризующие пространственно-географическую специфику дорожно-транспортной аварийности в сравниваемых городах (2021)

Город	Население, чел.	Площадь города, км^2	Число ДТП, ед.	Число пострадавших в ДТП, чел.	Число погибших в ДТП, чел.	Расчетные значения (2021)		
						Число ДТП / 1000 чел.; Число ДТП / км^2.	Число пострадавших в ДТП / 1000 чел.; Число пострадавших в ДТП / км^2.	Число погибших в ДТП / 1000 чел.; Число погибших в ДТП / км^2.
Новосибирск	1633595	502,7	980	1175	83	0,600	0,719	0,051
						1,950	2,340	0,170
Тюмень	816800	490,8	1452	2027	51	1,778	2,482	0,062
						2,960	4,130	0,100

Удельные пространственные характеристики дорожно-транспортной аварийности (на 1000 чел.; на км^2) в Новосибирске значительно ниже, чем в Тюмени. Единственное исключение – показатель числа погибших в ДТП/км^2.

Это кажется парадоксом, но при этом удельно (для 1 среднестатистического жителя города) вероятность гибели в ДТП (таблицы 5.7 и 5.8) выше для тюменцев ($6{,}2 \cdot 10^{-5}$ погибших/ДТП), чем для новосибирцев ($5{,}1 \cdot 10^{-5}$ погибших/чел.). Как это объяснить?

Организованность как системное свойство характеризует организационный результат, или характеристику коэффициента полезного действия системы. В

данном случае – высокая организованность системы ОБДД Новосибирска свидетельствует о высоком КПД системы ОБДД. В то же время удельное число ДТП / 1 чел. в Тюмени ($K_1 = K_{RA} = 1{,}78 \cdot 10^{-3}$) выше, чем в Новосибирске ($K_1 = K_{RA} = 6{,}0 \cdot 10^{-4}$) более чем в три раза. Именно соотношение вероятности участия в ДТП и шанса погибнуть в них определяет суть понятия «системная Организованность» применительно к системам ОБДД.

Таблица 5.8 – Данные, объясняющие специфику организованности для систем ОБДД двух сравниваемых городов РФ (2021)

Город	Расчетные значения (2021) и качественные оценки						
	K_1 (K_{RA})	K_2 (K_V)	K_3 (K_D)	$H_{п\text{-}3.2\ БДД}$	*Вероятность участия в ДТП*	*Вероятность гибели в ДТП*	*Качественная оценка системной организованности*
Новосибирск	0,00060	1,1990	0,0706	0,596	$6{,}0 \cdot 10^{-4}$ Более низкая	$5{,}1 \cdot 10^{-5}$ Более низкая	Относительно более высокая
Тюмень	0,00178	1,3960	0,0252	0,709	$1{,}78 \cdot 10^{-3}$ Более высокая	$6{,}2 \cdot 10^{-5}$ Более высокая	Относительно более низкая

Примечания.

1. *Используемые качественные сравнительные оценки «Более высокая или более низкая» служат для иллюстрации и обоснования понятийной сути термина «системная Организованность».*
2. *Лингвистическая шкала оценки степени системной организованности «Высокая – Низкая» соответствует шкале* $H_{п\text{-}3\ БДД} = [0; 1]$.

5.2.4. Объяснение различий в процессах формирования БДД в сравниваемых городах (Тюмень и Новосибирск)

5.2.4.1. Идентификация различий в организации дорожного движения на улично-дорожной сети городов с высоким (Тюмень) и низким (Новосибирск) уровнями организованности

Попробуем разобраться, какие факторы и процессы влияют в конечном итоге на различия в степени организованности систем ОБДД в сравниваемых городах (Тюмень и Новосибирск) и каков механизм этого влияния. Сразу стоит оговорить, что материал, представленный ниже, не претендует на истину в последней

инстанции, т.к. его интерпретация является субъективным взглядом автора. Эта интерпретация основана как на итогах визуальных наблюдений, так и на многочисленных данных исследователей, занимавшихся исследованиями в сфере организационного поведения или в области бихевиоризма [396-399].

Выделяя характерные отличительные особенности систем организации дорожного движения в сравниваемых городах, надо отметить три следующих важнейших наблюдения.

1. Согласно российской версии Правил дорожного движения [400] разрешенная скорость движения в городах – 60 км/ч; нештрафуемый порог превышения этого лимита – 20 км/ч. Фактическая скорость движения большей части транспортных средств в российских городах в благоприятных условиях (лето, сухое дорожное покрытие, отсутствие транспортных заторов) – 75…80 км/ч. На городских автодорогах 1 и 2 категории (например, на Окружной дороге вокруг Тюмени) допускается движение со скоростью 90 км/ч; фактическая скорость движения достигает 105…110 км/ч. Это достаточно высокая скорость движения транспортных средств, не позволяющая в полной мере обеспечить БДД.

2. В Тюмени для 95-96 % всех светофорных объектов города характерно обязательное наличие выделенной пешеходной фазы в светофорном цикле. В Новосибирске выделенная пешеходная фаза присутствует в циклах не более 25 % светофорных объектов города. Это явное визуальное различие между системами организации дорожного движения в двух сравниваемых городах – главное впечатление для стороннего наблюдателя.

3. Отличительная особенность организации регулирования дорожного движения в Тюмени – не только наличие выделенной пешеходной фазы в светофорном цикле, но и в целом – более сложные многофазные циклы светофорного регулирования.

Целью такого управленческого решения является дифференциация транспортных и пешеходных потоков во времени и минимизация числа конфликтных точек на перекрестках. В Новосибирске организаторы дорожного

движения уделяют дифференциации потоков движения во времени значительно меньшее внимание.

Очевидно, этот факт является проявленем различного по степени дисциплинированности отношения профильных специалистов к требованию п. 7.1.2 «Не допускается пересечение транспортных и пешеходных потоков в одной фазе светофорного цикла регулирования» ГОСТ Р 52289-2004 (в редакции от 28.02.2014) [220].

5.2.4.2. Идентификация различий в поведении участников дорожного движения на улично-дорожной сети городов с высоким (Новосибирск) и низким (Тюмень) уровнями организованности систем ОБДД

Участники дорожного движения в Тюмени и Новосибирске также ведут себя по-разному. Зафиксируем эту разницу.

1. Для тюменских водителей и пешеходов характерна в целом относительно большая беспечность и более низкий уровень концентрации внимания. Этому способствует привычное для тюменцев и ожидаемое ими отсутствие конфликта на перекрестках городской УДС. Следствием наличия в светофорном цикле выделенной пешеходной фазы является психо-эмоциональная расслабленность участников дорожного движения, неготовность к стрессовым ситуациям. Итог - беспечная (невнимательная к окружающей обстановке) модель поведения, характерная для большинства тюменцев (автомобилилистов и пешеходов).

В Новосибирске ситуация обратная: внимание водителей и пешеходов находится в постоянном тонусе. Причина этого – наличие точек конфликта на перекрестках [401-403]. Как следствие этого – меньшая вероятность возникновения опасных для жителей Новосибирска дорожных ситуаций по причине сравнительно (относительно тюменцев) большего психо-эмоционального напряжения и готовности к действиям в условиях стресса.

2. Одновременно с этим, в условиях отсутствия стресса, водители в Тюмени реализуют достаточно интенсивные режимы управления автомобилем,

передвигаются на высоких скоростях. В сравнении с Новосибирском, скорость сообщения на УДС выше именно в Тюмени.

Анализируя это наблюдение, автор пришел к выводу о попытках тюменских водителей компенсировать высокой динамикой (интенсивные разгоны, высокая скорость движения) потери времени при многочисленных и достаточно длительных простоях в ожидании разрешительного сигнала светофора на регулируемых перекрестках.

В Новосибирске эти действия водителей выражены в меньшей степени, чем в Тюмени. Причина такого поведения новосибирских участников дорожного движения – меньшая, в сравнении с тюменцами, потеря времени участников движения в ожидании разрешающего сигнала светофора и отсутствие (или значительно меньшая частота) попыток компенсировать эту потерю высокой скоростью движения на перегонах и желанием проехать регулируемые перекрестки в режиме начала запрета движения (в течение предупреждающего желтого и начальных секунд запрещающего движение красного сигналов светофора).

3. На специфику действий участников дорожного движения значимо влияет и демография городского населения. Более молодые люди в условиях отсутствия жизненного опыта, большей склонности к риску выбирают более рискованные модели поведения будучи не только водителями, но и пешеходами. Разница в демографии городского насления двух городов определяется медианным возрастом населения. В Новосибирске медианный возраст населения составляет 38,9 лет; в Тюмени – 35,8 лет [404].

С учетом этих трех тезисов можно прийти к выводу о том, что уровень гомеостаза допустимого риска [121-123] в Тюмени выше, чем в Новосибирске.

Приведенные выше соображения легко согласуются с концепцией общего пространства авторства Х. Мондерман (H. Monderman) [396-399].

Развивая его идеологию применительно к сравнению практик организации дорожного движения в Тюмени и Новосибирске, можно сделать два важных вывода:

- попытка усложнить систему организации движения с целью повышения БДД снижает тяжесть ДТП, но увеличивает вероятность их возникновения (более подробно об этом в разделе 5.1);
- из первого вывода вытекает второй – об изменении структуры процесса аварийности, но не ликвидации или снижении ее при попытке усложнения системы управления БДД посредством разделения движения во времени путем введения в эксплуатацию многофазных схем светофорного цикла.

Два эти вывода принципиально важны, т.к. именно они объясняют разницу в величине Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ и, соответственно, в степени организованности городских систем ОБДД в двух сравниваемых городах.

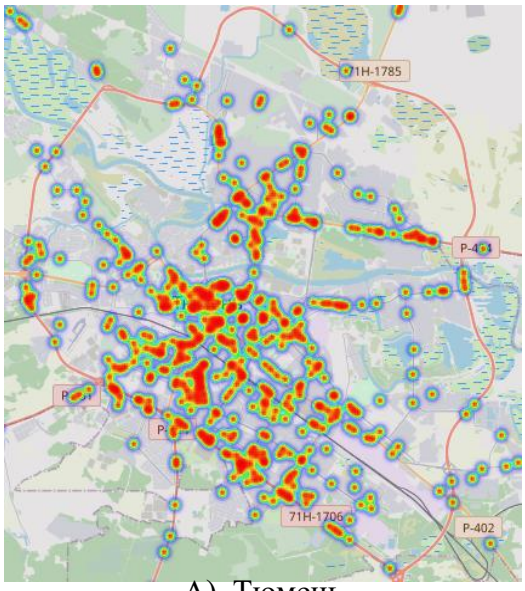
5.2.4.3. Специфика локализации мест и вероятности совершения ДТП на улично-дорожной сети городов с высоким (Новосибирск) и низким (Тюмень) уровнями организованности систем ОБДД

Анализ локализации мест концентрации ДТП также необходим для осознания специфики дорожно-транспортной аварийности в сравниваемых городах.

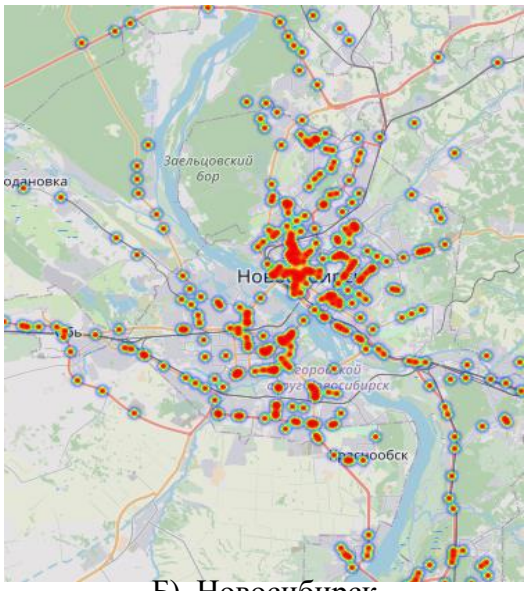
Согласно терминологии российского нормативного документа по учету ДТП [405] местом концентрации ДТП (аварийно-опасным участком дороги) в городе считается «Участок автомобильной дороги, не превышающий 1000 м вне населенного пункта, 200 м в населенном пункте или пересечение дорог, где в течение последних 12 месяцев произошло три и более ДТП одного вида или пять и более ДТП независимо от их вида, в результате которых погибли или ранены люди».

На рисунке 5.1 представлена тепловая карта локализации мест концентрации ДТП с жертвами (с погибшими и ранеными) в двух сравниваемых городах.

На рисунке 5.2 представлена тепловая карта локализации мест гибели людей в ДТП в двух сравниваемых городах (отмечены места массовой гибели людей в ДТП).

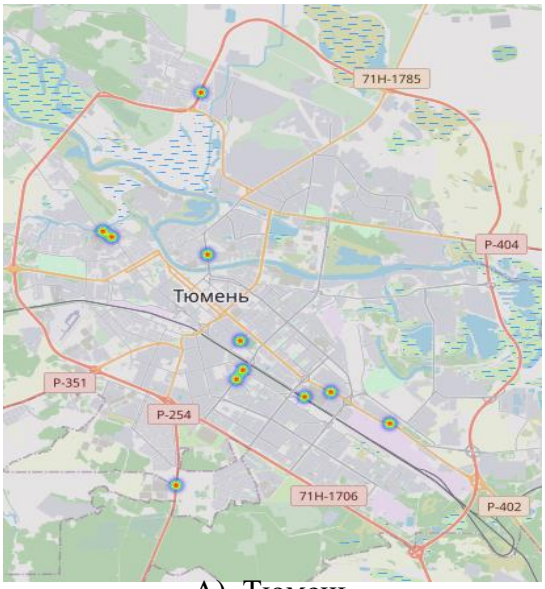


А). Тюмень

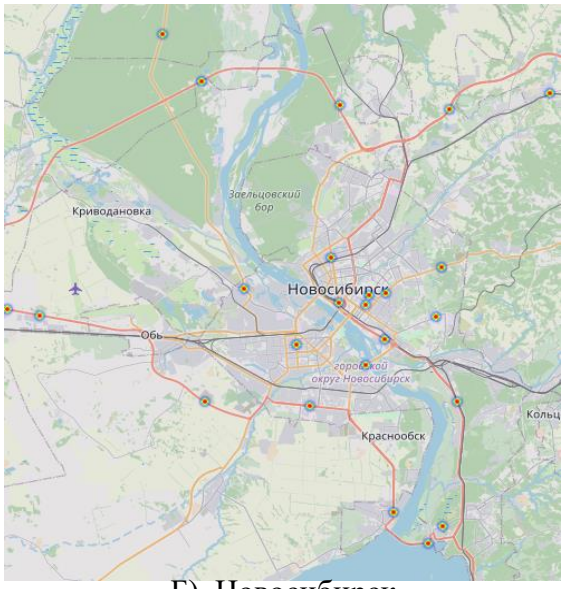


Б). Новосибирск

Рисунок 5.1 – Локализация мест совершения ДТП с жертвами [151]



А). Тюмень



Б). Новосибирск

Рисунок 5.2 – Локализация мест гибели людей в ДТП [151]

Анализ локализации мест гибели людей в ДТП показывает, что все эти случаи зафиксированы на участках улично-дорожной сети городов, на которых либо изначально разрешено движение с высокими скоростями (80 и 90 км/ч), либо есть условия (режим свободного движения) для нарушения требований действующего скоростного режима в городах РФ (60 км/ч).

Существует определенная специфика видов ДТП, определяемых организацией дорожного движения. На участках дорог непрерывного движения

весьма часты столкновения автомобилей; на перекрестках – более вероятны наезды на пешеходов.

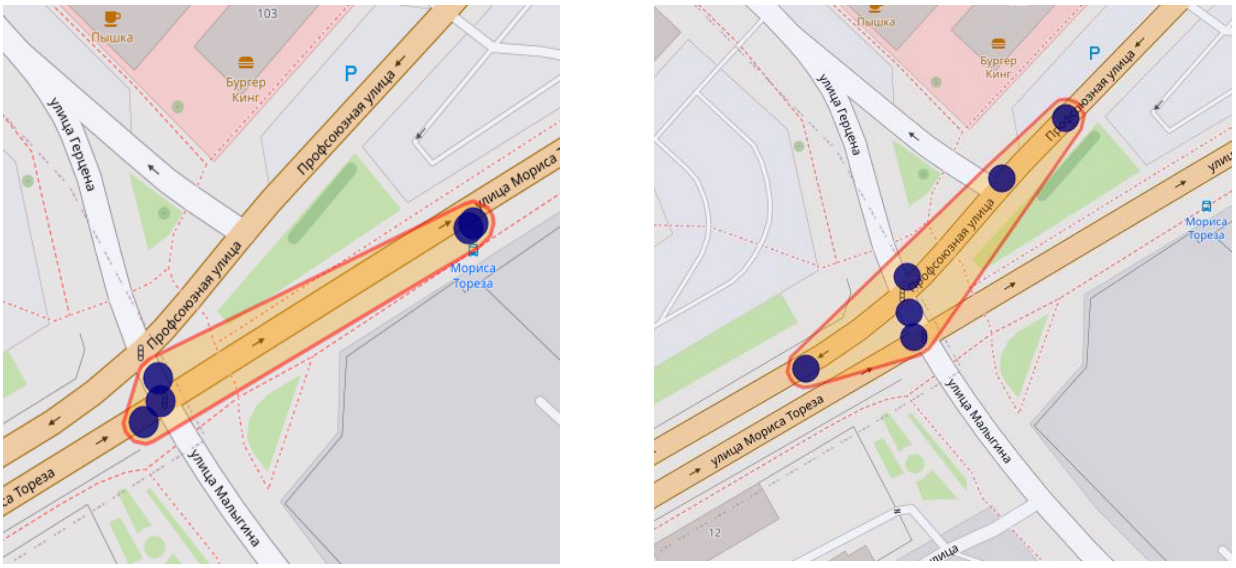
В примере наезда транспортных средств на пешеходов на перекрестках важное значение оказывает общая продолжительность многофазного цикла светофорного регулирования. Зачастую полный цикл светофорного регулирования может достигать 180 сек., а число фаз в цикле – до 7…8. Преследуя в принципе благую цель – разделения движения во времени – Организаторы движения вынуждены усложнять цикл и разбивать его на множество фаз. Однако часто это приводит к обратному (и очень неожиданному с позиций ОБДД) эффекту. Некоторые пешеходы (не все, но многие и по разным причинам), переходят проезжую часть во время движения транспортных средств, не желая третить время на ожидание включения разрешающего для них движение сигнала светофора. Неготовность водителей к выходу пешеходов на проезжую часть и высокая скорость движения приводят к наезду автомобилей на пешеходов. ***Возникает парадоксальная ситуация – управленческая попытка разделить движение автомобилей и пешеходов во времени может способствовать ухудшению дорожно-транспортной ситуации и возникновению ДТП.***

Рассмотрим характерные примеры (2 перекрестка УДС в центре Тюмени, для которых характерны частые наезды транспортных средств на пешеходов).

На рисунке 5.3 представлен пример локализации места частых наездов на пешеходов (Тюмень; центр города; перекресток ул. М. Тореза и ул. Герцена).

Пример, рассматриваемый на рисунке 5.3, характерен тем, что есть определенная логическая связь между спецификой схемы организации светофорного регулирования и связанным с ней характерным поведением пешеходов. Общая продолжительность 7-фазного цикла светофорного регулирования в утренний час-пик (7:30 – 9:00) на перекрестке ул. М. Тореза и ул. Герцена в Тюмени в будние дни составляет 176 сек.

Следствием столь длительного цикла и необходимости долгого ожидания разрешения к переходу проезжей части дороги является достаточно частое нарушение пешеходами указаний светофора.



А). Локальные места 5 случаев наезда на пешеходов в течение 2021 г. [151]

Б). Локальные места 6 случаев наезда на пешеходов в течение 2022 г. [151]

Рисунок 5.3 – Локализация мест наездов на пешеходов на сложном по организации дорожного движения перекрестке УДС Тюмени (перекресток ул. М. Тореза и ул. Герцена)

Экспериментальные наблюдения в течение разных периодов 2021…2022 гг. показали, что ***не менее 8…12 %*** пешеходов переходят проезжую часть на данном локальном месте улично-дорожной сети Тюмени (Тюмень; центр города; перекресток ул. М. Тореза и ул. Герцена) не дожидаясь разрешающего сигнала светофора и нарушая требования Правил дорожного движения. Объясняется это тем, что для перехода проезжей части пешеходам требуется реализовать несколько итераций ожидания разрешения движения. Далеко не все из них являются дисциплинированными (причины этого не обсуждаются). В то же время водители, управляя автомобилями, руководствуются базовой идеей о том, что специфика организации светофорного регулирования в Тюмени основана на идее разделения транспортного и пешеходного потоков и в большинстве случаев мало готовы к внезапоному выходу пешеходов на проезжую часть. Сочетание одновременно неготовности водителей к выходу пешеходов на проезжую часть и высокая скорость движения ТС приводят к ситуациям отсутствия возможности безопасного торможения и последующему наезду автомобилей на пешеходов. Расчетная частота таких наездов относительно невелика – около $2 \cdot 10^{-4}$ случаев / светофорный цикл. Однако 5..6 случаев в год из них приводят к серьезным травмам пешеходов.

С учетом среднестатистического годового числа светофорных циклов (около 100 тыс. циклов светофорного регулирования/год) вероятность наезда на пешехода на данном локальном участке дороги $P_{наезда} = 5..6 \cdot 10^{-5}$ случаев / светофорный цикл. Для других перекрестков улично-дорожной сети города аналогичные вероятности варьируются в диапазоне значений $P_{наезда} = 9 \cdot 10^{-6} \ldots P_{наезда} = 5 \cdot 10^{-5}$ случаев / светофорный цикл. Аналогичные расчеты для Новосибирска показывают относительно меньшую вероятность наезда на пешеходов ($P_{наезда} = 4 \cdot 10^{-6} \ldots P_{наезда} = 2 \cdot 10^{-5}$ случаев / светофорный цикл) на регулируемых перекрестках. Это еще одно свидетельство отрицательного влияния на итоговый уровень БДД снижения чувства опасности у участников дорожного движения при реализации задачи по снижению конфликтности дорожного движения. Аналогичный пример можно привести и для перекрестка важных улиц Тюмени магистрального значения – ул. Мельникайте и ул. 50 лет Октября (рисунок 5.4).

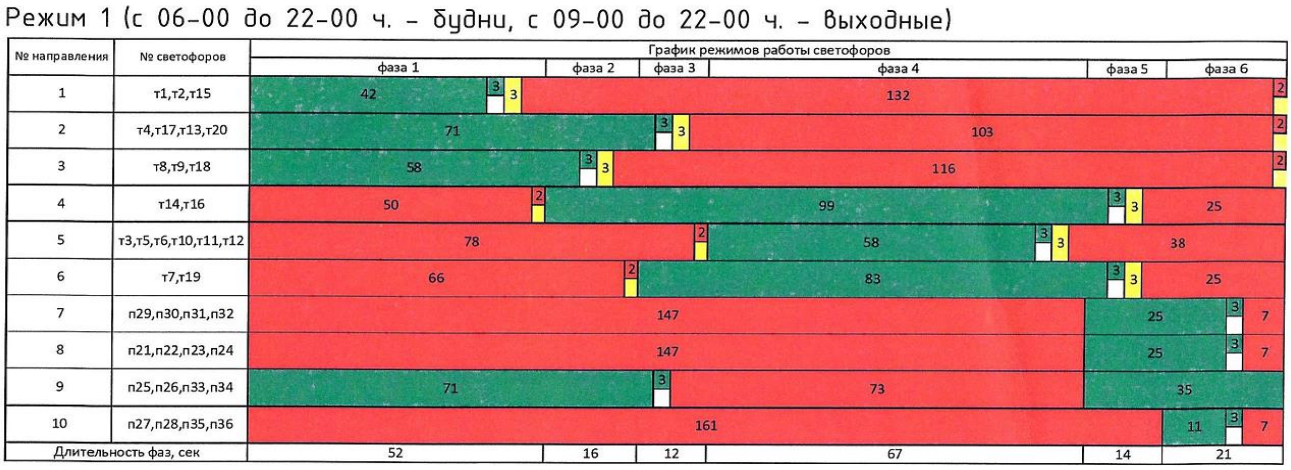
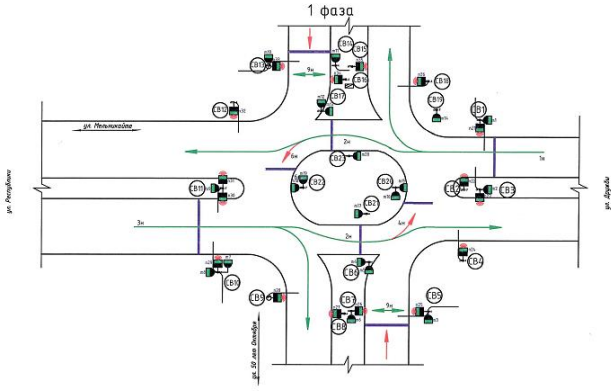


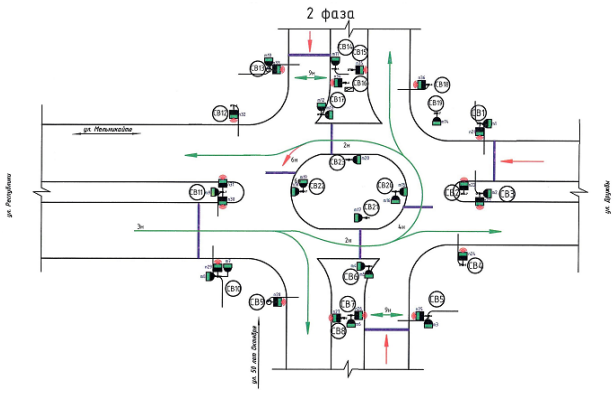
Рисунок 5.4 – Связь между сложностью организации дорожного движенияна перекрестке и нежеланием пешеходов дожидаться разрешающего сигнала светофора

Данный светофорный объект работает по 6-ти-фазной схеме (рисунок 5.5). Общая длительность цикла регулирования в дневное время (6.00 – 22.00) равна 182 сек. Часовое количество циклов – 19,78.

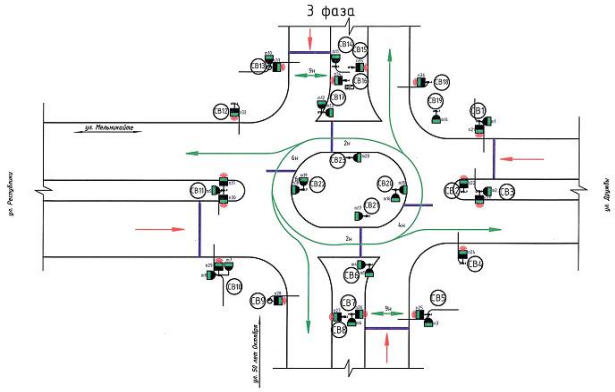
Лишь одна фаза из шести – фаза № 6 – является выделенной пешеходной для движения пешеходов во всех направлениях. Ее длительность всего 14 сек. из 182 сек. (или 7,7 % времени цикла).



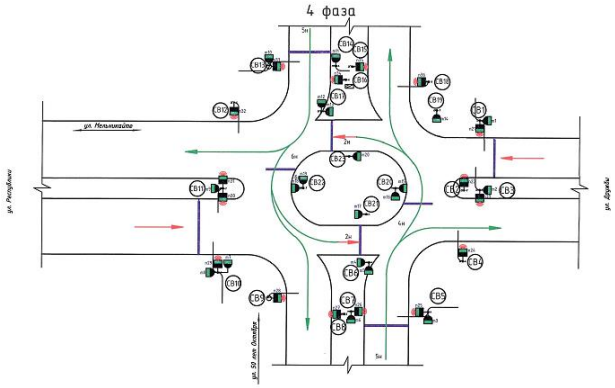
А). 1 фаза цикла регулирования



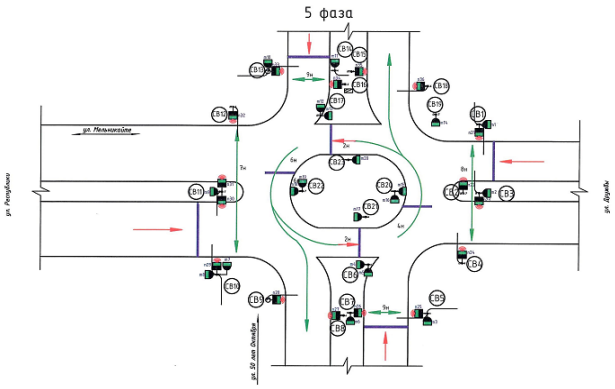
Б). 2 фаза цикла регулирования



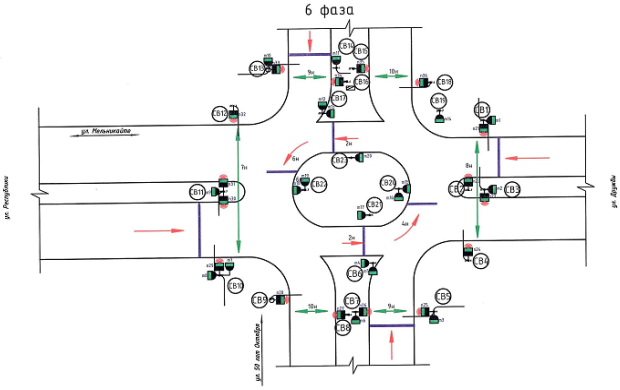
В). 3 фаза цикла регулирования



Г). 4 фаза цикла регулирования



Д). 5 фаза цикла регулирования



Е). 6 фаза цикла регулирования

Рисунок 5.5 – Пофазная детализация цикла регулирования дорожного движения на перекрестке ул. Мельникайте и ул. 50 лет Октября в Тюмени

На рисунке 5.6 представлены данные о длительности разрешающих сигналов светофоров светофорного объекта на перекрестке ул. Мельникайте и ул. 50 лет Октября в Тюмени.

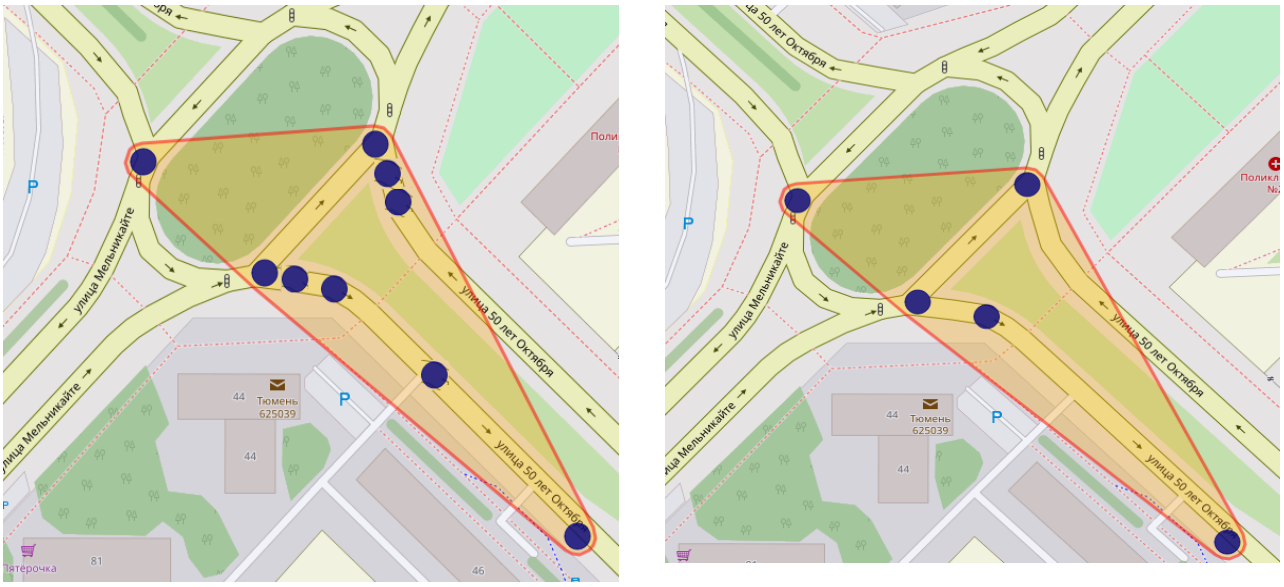
№ светофора	Длительность, с			
	Тэ	Тж	Тк	Ткж
m1,m2,m15	45	3	132	2
m4,m17,m13,m20	74	3	103	2
m8,m9,m18	61	3	116	2
m14,m16	102	3	75	2
m3,m5,m6,m10,m11,m12	61	3	116	2
m7,m19	86	3	91	2
n29,n30,n31,n32	28	–	154	–
n21,n22,n23,n24	28	–	154	–
n25,n26,n33,n34	109	–	73	–
n27,n28,n35,n36	14	–	168	–

Рисунок 5.6 –
Сводные данные о длительности разрешающих сигналов светофоров светофорного объекта на перекрестке ул. Мельникайте и ул. 50 лет Октября в Тюмени

Следствием очень долгого времени ожидания начала действия разрешающего сигнала светофора становятся достаточно частые нарушения правил перехода проезжей части со стороны пешеходов и неготовность к этому водителей. Водители в Тюмени привыкли (в течение 2016…2026 гг., с тех пор как осенью 2016 г. в городе на 95 % перекрестков были введены светофорные режимы с выделенной пешеходной фазой в цикле) к тому, что многофазность светофорного цикла и наличие выделенной пешеходной фазы в цикле теоретически должны препятствовать переходу проезжей части пешеходами на запрещающий сигнал светофора. Однако эта привычка зачастую играет против них. Такие случаи бывают и не редко. Водители ТС в Тюмени к этому зачастую не готовы психологически. В случае высоких скоростей транспортных средств (даже в режиме нештрафуемых скоростей – до 80 км/ч в условиях повсеместного действия лимита скорости 60 км/ч) формируются условия для высокой вероятности для наезда автомобилей на нетерпеливых пешеходов. Нетерпеливость многих пешеходов также легко объяснима – ожидать разрешение на переход проезжей части по 120…150 сек. для них достаточно проблематично (особенно для молодежи, которой в Тюмени больше, чем в Новосибирске). Напомню, что в Новосибирске медианный возраст населения составляет 38,9 лет; в Тюмени – 35,8 лет [404].

На рисунке 5.7 представлен пример локализации места частых наездов на пешеходов (Тюмень; центр города; перекресток ул. Мельникайте и ул. 50 лет Октября). Ситуативный разбор причин данных ДТП показывает, что причина этих

наездов – неготовность водителя к неожиданной дорожной ситуации. А эта неготовность является следствием веры водителей в то, что пешехода на проезжей части быть не должно – ведь для них есть «выделенная пешеходная фаза».



А). Локальные места 9 случаев наезда на пешеходов в течение 2021 г. [151]

Б). Локальные места 6 случаев наезда на пешеходов в течение 2022 г. [151]

Рисунок 5.7 – Локализация мест наездов на пешеходов на сложном по организации дорожного движения перекрестке УДС Тюмени (перекресток ул. Мельникайте и ул. 50 лет Октября)

5.2.4.4. Специфика подвижного состава населения городов с высоким (Новосибирск) и низким (Тюмень) уровнями организованности систем ОБДД

Еще один интересный момент, заслуживающий внимания – специфика парка подвижного состава населения сравниваемых городов. В таблице 5.9 представлены сравнительные данные, характеризующие специфику (по трем признакам) подвижного состава используемого в сравниваемых городах.

Таблица 5.9 – Данные, характеризующие специфику парка транспортных средств в сравниваемых городах (по состоянию на 2025) [151]

Город	Признаки сравнения городских парков автомобилей		
	Доля автомобилей с правым расположением руля, %	Доля автомобилей 4,5,6 экологических классов, %	Доля автомобилей, с года выпуска которых прошло более 10 лет, %
Новосибирск	14,8	52,0	21,8
Тюмень	1,2	59,5	10,6

Легко заметить (таблица 5.9), что в двух сравниваемых городах парки транспортных средств весьма различаются. Более современный парк автомобилей в Тюмени предполагает более высокий уровень активной и пассивной безопасности. Еще более значим фактор использования автомобилей с правым расположением руля в условиях правостороннего движения – это резко ограничивает обзорность при движении.

Очевидно, это тоже оказывает определенное влияние на режим движения. Следствием специфики парка автомобилей в сравниваемых городах является более высокий уровень пассивной безопасности автомобилистов в Тюмени (вследствие более качественного парка автомобилей).

На физическом уровне это выражается в почти трехкратной разнице в тяжести последствий ДТП в Тюмени ($K_{З\ Тюмень} = K_{D\ Тюмень} = 0{,}0252$ или 2,5 %), чем в Новосибирске ($K_{З\ Новосибирск} = K_{D\ Новосибирск} = 0{,}0706$ или 7,1 %).

5.3. Обсуждение результатов идентификации специфики информационной энтропии систем ОБДД в городах Российской Федерации

В разделе 5.2 были представлены механизмы формирования системной организованности применительно к сфере ОБДД в двух городах (Тюмень и Новосибирск), исповедующих различную политику организации дорожного движения. Однако необходимо выводы раздела 5.2 обобщить в отношении большего числа системных объектов, в частности для 92 городов РФ трех групп с населением 50…100 тыс. чел.; 500…1000 тыс. чел. и более 1 млн. чел. (Приложение 6). В Приложении 4 приведены данные, позволяющие построить модели $H_{п\text{-}3.2\ БДД} = f(K_i)$ в отношении городских систем ОБДД.

Рассмотрим полученные результаты с позиции оценки влияния на Относительную энтропию систем ОБДД городов $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ отдельных элементов причинно-следственной цепочки «Население - <…> - Погибшие в ДТП». С этой целью построим зависимости $H_{п\text{-}3.2\ БДД\text{-}2021} = f(K_i)$.

Эти модели представлены на рисунках 5.8…5.10.

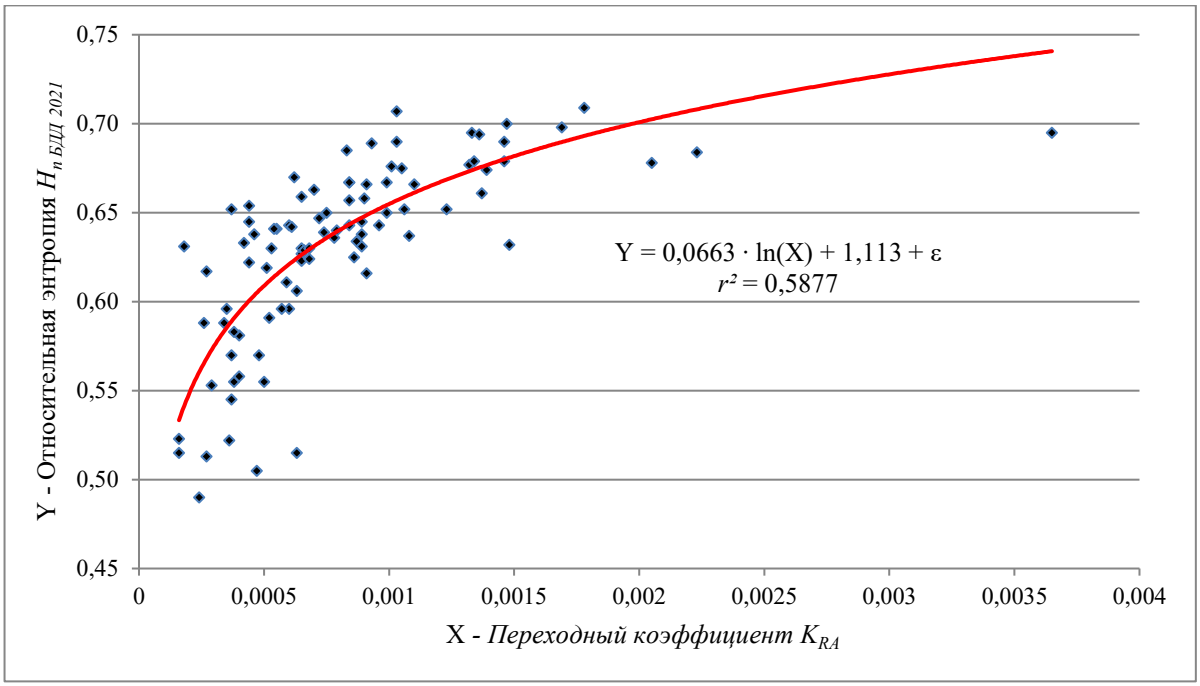


Рисунок 5.8 – Модель $H_{n\text{-}3.2\ БДД\text{-}2021} = f(K_{RA})$

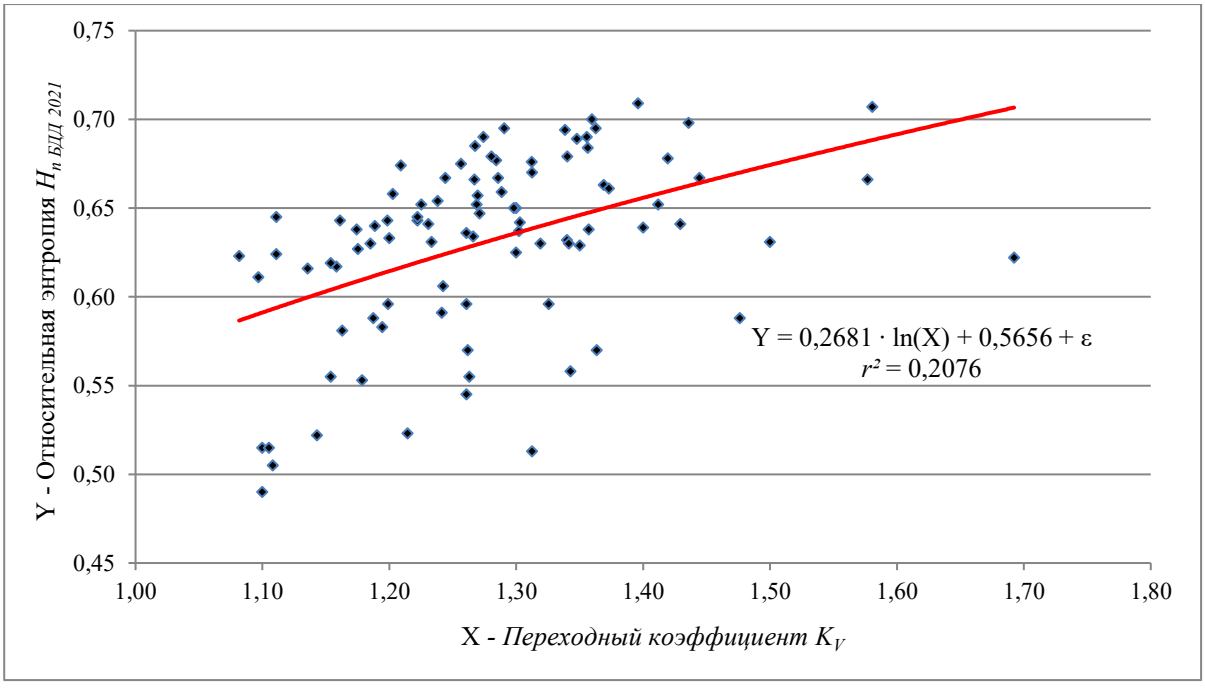


Рисунок 5.9 – Модель $H_{n\text{-}3.2\ БДД\text{-}2021} = f(K_V)$

При относительно низких уровнях относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ городских систем ОБДД (т.е. это вариант устойчивых процессов движения транспортных потоков с достаточно высокими скоростями, зачастую в свободном режиме) снижается вероятность ДТП (рисунок 5.8).

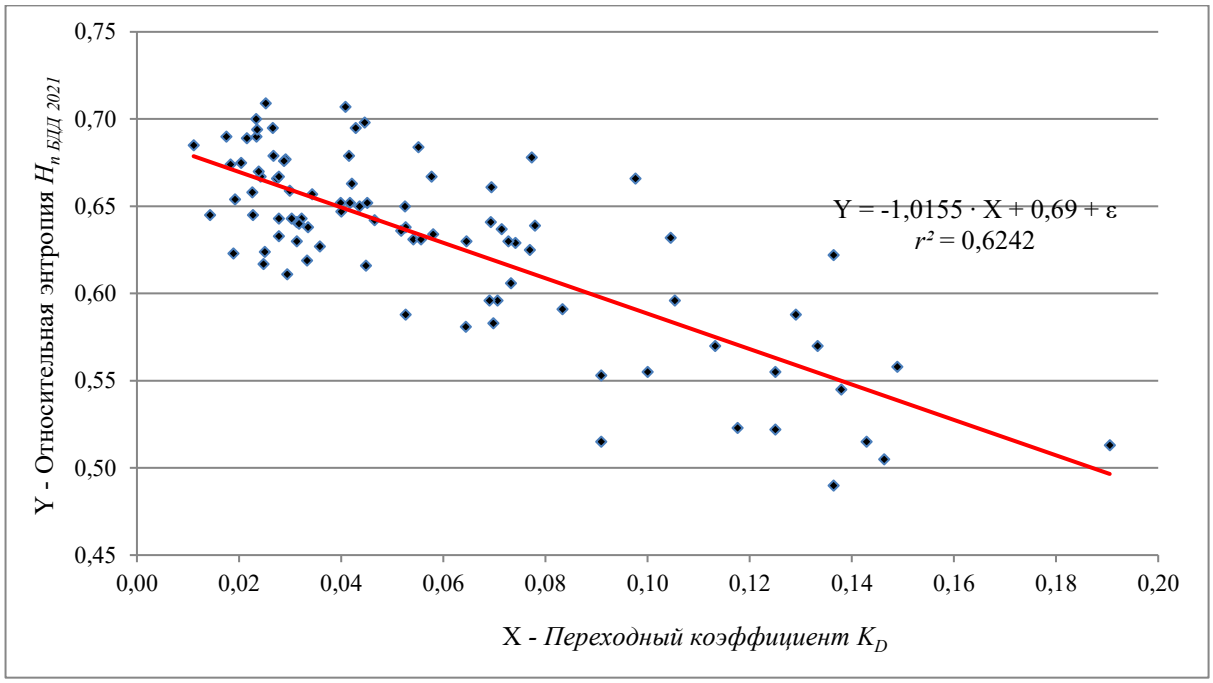


Рисунок 5.10 – Модель $H_{п\text{-}3.2\ БДД\text{-}2021} = f(K_D)$

Однако одновременно растет тяжесть последствий ДТП (рисунок 5.10). Влияние удельного числа пострадавших в ДТП выражено слабо (рисунок 5.9); тем не менее оно присутствует. Интерпретировать суть зависимости рисунка 5.9 можно отрицательным влиянием на ситуативную энтропию числа участников ДТП.

При большем числе участников ДТП (2, 3 и более ТС), сложность ситуации возрастает и прогнозировать их действия и минимизировать отрицательные эффекты становится сложнее. Попробуем объяснить полученные результаты.

Любое ДТП – результат потери водителем контроля над автомобилем в конкретной опасной дорожно-транспортной ситуации. Зачастую это случается тогда, когда величина остановочного пути $S_{ост.}$ автомобиля (5.1) в режиме торможения превышает удаление $S_{уд}$ этого автомобиля от локального места потенциального ДТП в момент формирования опасности.

$$S_{ост} = V_{дв} \cdot T + [V_{дв}^{\,2} / 2 \cdot j] \qquad (5.1)$$

где T - полное время $T = (T_1 + T_2 + 0{,}5 \cdot T_3)$, необходимое для обеспечения эффективного торможения с максимально возможным замедлением, сек.;
T_1 - время реакции водителя на опасность, сек.;
T_2 - время срабатывания тормозного привода, сек.;
T_3 - время достижения максимального замедления автомобиля, сек.;
$V_{дв}$ - исходная скорость автомобиля, м/с;

j - замедление автомобиля в режиме полного торможения (на юз).

Энтропия H, как характеристика энергетического состояния автотранспортной системы ЧАДС (Человек – Автомобиль – Дорога – Среда), значимо влияет на время реакции участников дорожного движения на опасность. Стандартное значение T_1 = 0,6…0,8 сек (для разных условий). В условиях высокой энтропии дорожно-транспортной ситуации T_1 увеличивается до 1,0…1,2 сек, т.е. в 1,5 раза. Как следствие, суммарное время, необходимое на достижение режима полного торможения $T = (T_1 + T_2 + 0{,}5 \cdot T_3)$ в условиях высокой энтропии T увеличивается на 40 %. Остановочный путь автомобиля $S_{ост}$ в режиме полного торможения при этом увеличивается в 2 раза (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Изменение параметров режима торможения автомобиля в условиях характерного высокого и низкого уровня энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ системы ОБДД

Уровень Относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$, характерный для системы ОБДД	Восприятие дорожной ситуации участниками дорожного движения / Скорость движения, км/ч или м/с	Параметры времени, необходимого для осуществления торможения в режиме опасности				Остановочный путь в режиме полного торможения $S_{ост}$, м
		Время реакции на опасность T_1, сек	Время срабатывания тормозного привода T_2, сек	Время нарастания тормозного усилия T_3, сек	Суммарное время торможения T, сек.	
Высокий (0,68…0,72) Представительный пункт – Тюмень	(отсутствие тревожности в отношении поиска опасности) / 72 км/ч или 20,0 м/с	1,0…1,2	0,1…0,2	0,1…0,2	≈ 1,2…1,6 (в среднем ≈ 1.4)	$(20{,}0 \cdot 1{,}4 + 20{,}0^2$ м/с) / $[2 \cdot 6{,}5$ м/с$^2]$ ≈ ≈ 58,7
Низкий (0,56…0,60) Представительный пункт – Новосибирск	(высокая тревожность в отношении ожидания опасности) / 50 км/ч или 13,9 м/с	0,6…0,8	0,1…0,2	0,1…0,2	≈ 0,8…1,2 (в среднем ≈ 1,0)	$(13{,}9 \cdot 1{,}0 + 13{,}9^2$ м/с) / $[2 \cdot 6{,}5$ м/с$^2]$ ≈ ≈ 28,8

Итак, высокая вероятность ДТП в городе, характеризуемом высоким уровнем относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ (таблица 5.10) объясняется, прежде всего особенностями дорожно-транспортного поведения (высокие скорости движения и

пониженный уровень внимания к внезапному изменения дорожной ситуации) участников дорожного движения по причине их необоснованной веры в отсутствие возможностей появления реальных дорожных помех в условиях использования многофазной системы светофорного регулирования (якобы гарантирующей возможности формирования конфликта на дороге). Естественное следствие этого – высокие значения остановочного пути $S_{ост}$ в режиме полного торможения, не позволяющие минимизировать опасность внезапно возникающих дорожно-транспортных ситуаций, зачастую попытки опасного маневрирования с выездом на полосы встречного движения или на пешеходные тротуары.

Опыт показывает, что в Тюмени (город, где сделано все для разделения транспортных и пешеходных потоков во времени) очень часты такие случаи. Один из самых одиозных – случай выезда пассажирского автобуса регулярного маршрута № 14 на тротуар и последующий наезд на многочисленное число пешеходов, ожидавших возможность перехода улицы [406] с мгновенной гибелью двух, последующей смертью еще трех человек и многочисленными тяжелыми травмами еще более десятка человек. Менее страшные, но крайне многочисленные случаи ДТП в Тюмени, причиной которых была неготовность их участников к внезапоному изменению дорожной ситуации, легко можно обнаружить на сайте ГАИ МВД РФ [151] в разделе «Показатели состояния дорожного движения».

Рассмотрим феномен относительно низкой тяжести ДТП для городских систем с высоким уровнем относительной энтропии $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$. Предположительно, здесь работают два механизма. Во-первых, наблюдается феномен активного снижения потенциальной энергии транспортного средства в режиме полного торможения. К моменту переходу потенциальной энергии в состояние кинетической энергии ее уровень снижается до более-менее безопасных для жизни уровней. Потеря потенциальной энергии автомобиля происходит за счет выделения теплоты в тормозных механизмах. Для более качественного парка автомобилей (таблица 5.9) Тюмени, очевидно, эти процессы протекают в более безопасном режиме. Во-вторых, в Тюмени более качественно, чем в Новосибирске, организована система оказания первой медицинской помощи. В информационном

источнике [407] показано, что Тюмень – один из лучших городов России в сфере организации скорой медицинской помощи. Новосибирск в данном рейтинге находится на относительно невысоком месте. Эти рассуждения можно распространить и на другие города [408] и их транспортные системы.

Модели рисунка 5.8 и рисунка 5.10 в целом подтверждают объяснения, представленные в разделе 5.2 применительно к крайним случаям Относительной энтропии систем ОБДД $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ (Тюмень и Новосибирск).

5.4. Философские и смысловые аспекты информационно-энтропийного анализа дорожно-транспортной аварийности

Материалы данного исследования позволяют говорить об очередном примере подтверждения законов диалектики Г.В.Ф. Гегеля [409]. Диалектический закон единства и борьбы противоположностей Гегеля проявляет себя в весьма неожиданной форме. Как показывает опыт российских городов, *попытки усложнить систему организации дорожного движения с целью снижения дорожно-транспортной аварийности не приводят к однозначно положительным результатам. Следствием попыток улучшения одного параметра состояния системы БДД является фактическое ухудшение другого ее параметра.*

Например, использование сложных многофазных систем регулирования дорожного движения (модельный город – Тюмень) не только не снижают, а наоборот, повышают вероятность ДТП.

В таблице 5.11 представлено сравнение динамики основных показателей дорожной аварийности для систем ОБДД двух городов с принципиально разным фактическим подходом к реализации требований разделения транспортных и пешеходных потоков во времени. Введение многофазных систем светофорного регулирования дорожного движения в Тюмени по замыслу инициаторов этого решения должно было снизить число дорожных конфликтов и, как следствие, способствовать минимизации числа ДТП. На практике был достигнут обратный эффект – рост числа ДТП [151].

Таблица 5.11 – Динамика показателей дорожно-транспортной аварийности в двух российских городах с различной политикой реализации требования п. 7.1.2 ГОСТ Р 52289-2004 (в редакции от 28.02.2014) [220]

Показатель БДД, ед.	Годы									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	$\Delta_{2023/2015}$, %
г. Тюмень – пример городской системы ОБДД с образцовой реализацией требований п. 7.1.2										
Число ДТП	1483	1410	1640	1652	1683	1356	1452	1532	1825	+23,0
Число раненых	1973	1942	2070	2167	2125	1873	1976	2014	2260	+14,5
Число погибших	41	50	46	31	35	36	51	41	34	-17,1
г. Оренбург - пример системы ОБДД с некачественной реализацией требований п. 7.1.2										
Число ДТП	948	952	941	860	749	584	482	447	465	-51,0
Число раненых	1191	1216	1155	1044	949	685	591	508	513	-57,0
Число погибших	38	39	37	40	24	38	21	20	31	-18,5

В Оренбурге же, где к обязательности реализации требований п. 7.1.2 ГОСТ Р 52289-2004 (в редакции от 28.02.2014) [220] отнеслись менее трепетно, результат был принципиально противоположным – было достигнуто снижение всех основных показателей дорожной аварийности (таблица 5.11).

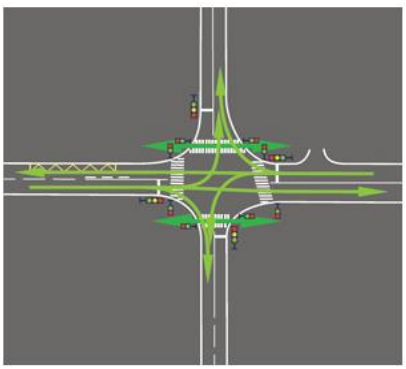
Связано это было с изменением структуры процесса формирования аварийности, как следствия реакции управляемой системы на управляющее воздействие. Оказывается, при снижении конфликтности транспортных потоков увеличивается уровень удельной вероятности ДТП. Причина этого – снижение внимательности участников дорожного движения по причине уверенности в отсутствии возможной опасности, выбор более опасных форм транспортного поведения и общее повышение гомеостаза системного риска [121-123]. С другой стороны, одновременно с ростом вероятности ДТП снижается тяжесть ДТП.

Надо указать, что в тех городах России, где к выполнению вновь введенных требований п. 7.1.2 «Не допускается пересечение транспортных и пешеходных потоков в одной фазе светофорного цикла регулирования» ГОСТ Р 52289-2004 (в редакции от 28.02.2014) [220] отнеслись достаточно прохладно, статистика дорожно-транспортной аварийности постепенно с годами улучшалась. В Тюмени, где к выполнению этого требования отнеслись чрезвычайно рьяно, статистика доржно-транспортной аварийности не только не снижается, а напротив, растет (таблица 5.11). Это кажется удивительным. Конечные эффекты не соответствуют замыслу.

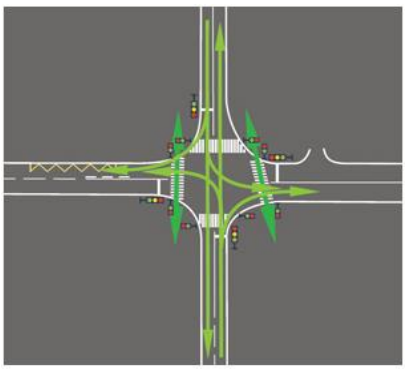
Сравнивая значения Относительной энтропии городских систем ОБДД $H_{п\text{-}3.2\ БДД\ 2022}$ мы видим, что для Оренбурга этот показатель равен $H_{п\text{-}3.2\ БДД\ 2022}$ = 0,633; для Тюмени $H_{п\text{-}3.2\ БДД\ 2022}$ = 0,705.

Пожалуй, есть необходимость разобрать принципиальные недостатки идеи введения выделенной пешеходной фазы в светофорный цикл.

На рисунке 5.11 представлена базовая ситуация регулирования движения на улицах, имеющих по одной полосе движения в каждую сторону, действовавшая по состоянию до введения в действие п. 7.1.2 (в редакции от 28.02.2014).



А). 1 фаза цикла (T_1 = 30 сек)



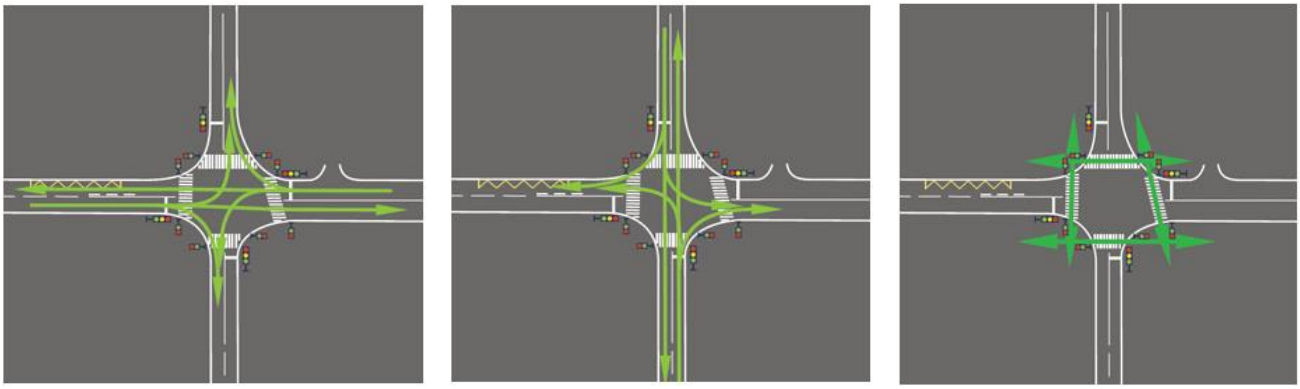
Б). 2 фаза цикла (T_2 = 30 сек)

Рисунок 5.11 – Вариант двухфазного светофорного цикла общей продолжительностью $T_ц = T_1 + T_2$ = 60 сек.

При введении в светофорный цикл обязательной пешеходной фазы естественным образом возникают два варианта. Если зафиксировать $T_ц$ = 60 сек, то, по необходимости снизиться продолжительность 1 и 2 фаз: $T_1 + T_2 + T_3$ = 60 сек. Второй вариант подразумевает, что продолжительность 1 и 2 фаз останется той же, что и раньше, но к ним добавится 3 выделенная пешеходная фаза и, например, общая продолжительность цикла увеличится.

Например T_1 *(30 сек)* + T_2 *(30 сек)* + T_3 *(20 сек)* = 80 сек.

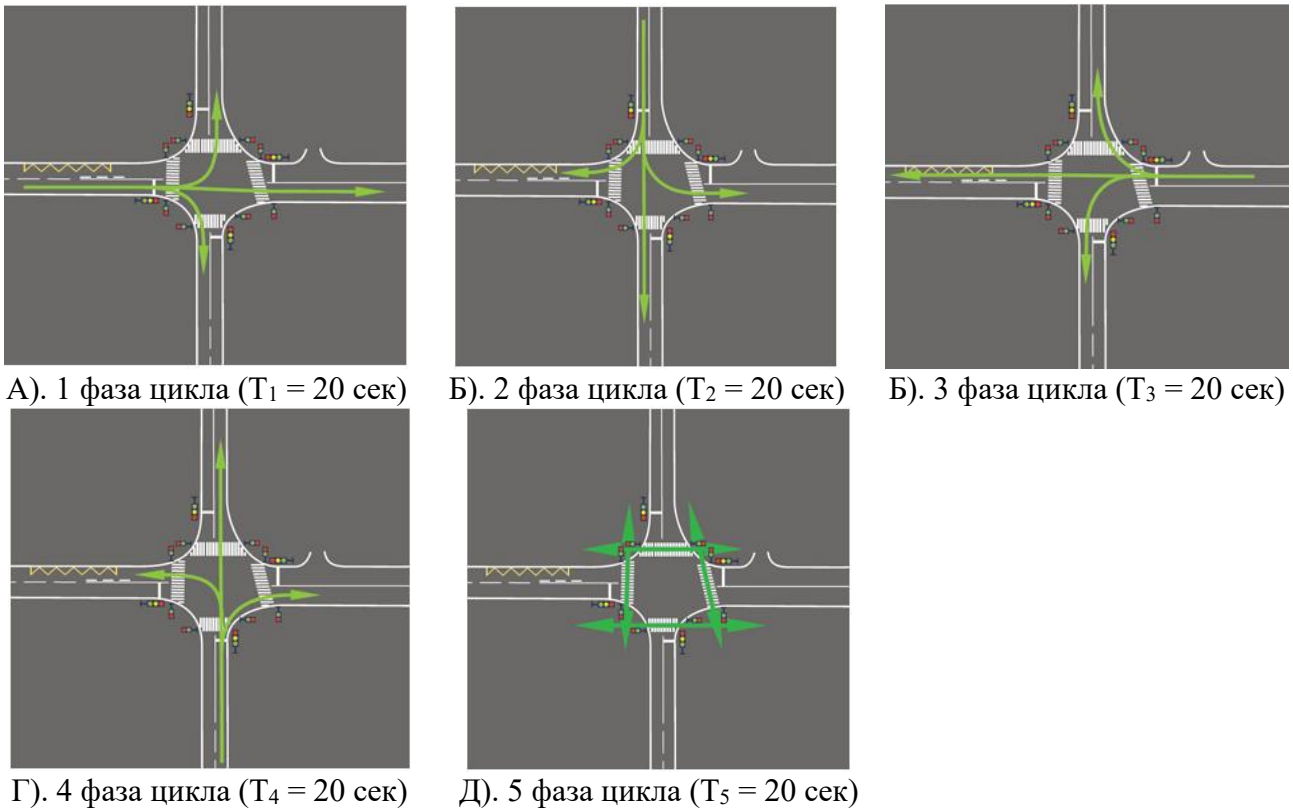
Тогда снизится число циклов за час и увеличится время ожидания движения, как для пешеходов, так и для автомобилистов (рисунок 5.12). Фазовые коэффициенты при этом изменятся с 0,500 до 0,375 (для автомобилистов) и 0,250 (для пешеходов). Время ожидания разрешающего движения сигнала светофора для пешеходов при этом увеличится вдвое (с 30 сек. до 60 сек.).



А). 1 фаза цикла (T_1 = 30 сек) Б). 2 фаза цикла (T_2 = 30 сек) Б). 3 фаза цикла (T_3 = 20 сек)

Рисунок 5.12 – Вариант трехфазного светофорного цикла с выделенной третьей пешеходной фазой общей продолжительностью $T_ц = T_1 + T_2 + T_3$= 80 сек.

Заметим, что эта схема достаточна простая, но подразумевает наличие конфликтных точек, которые, как следует из теории ОДД [32, 43], всегда способствуют дорожно-транспортной аварийности. В случае более сложного варианта с полным отсутствием конфликта между потоками (рисунок 5.13) на первый взгляд кажется, что вариант бесконфликтной схемы организации движения выгоден именно тем, что возможностей для ДТП практически не будет.



А). 1 фаза цикла (T_1 = 20 сек) Б). 2 фаза цикла (T_2 = 20 сек) Б). 3 фаза цикла (T_3 = 20 сек)

Г). 4 фаза цикла (T_4 = 20 сек) Д). 5 фаза цикла (T_5 = 20 сек)

Рисунок 5.13 – Вариант пятифазного светофорного цикла с выделенной пятой пешеходной фазой общей продолжительностью $T_ц = \sum T_i$ = 100 сек.

Однако тюменская практика показывает, что это не так. В этой схеме участятся случаи проезда на желтый и красный сигналы светофора (т.к. участники дорожного движения не хотят ждать разрешения на проезд (переход) в течение 80 сек.). Тюменская практика в полной мере подтверждает этот тезис.

Фазовые коэффициенты при этом для всех участников движения составят 0,200. Попытки двигать длительность фаз, подстраивая их под фактическую интенсивность движения могут привести к вариантам длительности фаз 10…15 сек., что позволит проезжать перекресток лишь 5…7 автомобилям в течение одной фазы цикла. Это вполне может быть причиной формирования масштабных транспортных заторов и гарантированно снижает скорость транспортного потока в глобальном масштабе. Все это хорошо известно тюменцам, которые ощущают этот опыт на своем примере в течение 2016…2026 гг.

Диалектический закон перехода количества в качество иллюстрируется моделями связи различных аспектов функционирования систем ОБДД и итогового уровня их организованности.

Примерами этого тезиса являются модели $H_{п\text{-}3.2\ БДД\ 2021} = f(K_i)$ представленные на рисунках 5.8…5.10.

Диалектический закон отрицания отрицания в данном контексте необходимо трактовать двояко. Во-первых, попытки усложнять систему регулирования движения рано или поздно приводят к неизбежной необходимости упрощать ее. Во-вторых, этот тезис нельзя абстрагировать на все случаи; очевидно, необходимо дифференцировать различные дорожно-транспортные локации и выбирать для них наиболее оптимальные режимы функционирования. Это позволяет сделать вывод о существовании оптимального состояния городских систем ОБДД. Найти это состояние, очевидно, непросто. Поэтому более корректно рассуждать о рациональном (и еще лучше – оптимальном) состоянии городских систем ОБДД ($H_{п\ optimum\ БДД\ город}$), обеспечивающих приемлемый баланс между различными элементами процесса, описываемыми коэффициентами информационной передачи K_i между блоками причинно-следственной цепочки «*Население P - <…> - Число погибших в ДТП* N_D».

Информационно-энтропийный анализ процессов формирования городской дорожно-транспортной аварийности не может заменить собой привычные, ставшие уже традиционными, методы идентификации фактического уровня БДД. Однако идентификация Относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД\ город}$ позволяет сделать важные выводы об уровне организованности городских систем ОБДД, которые нельзя получить традиционным способом.

Для наглядности приведу пример таблиц 5.12…5.13.

Таблица 5.12 – Сравнение двух разноплановых примеров российских городов с одинаковым населением, но с различной эффективностью систем ОБДД

№№ Приложение 7.3	Город	Население, чел.	Число ДТП, ед.	Число пострадавших в ДТП, чел.	Число погибших в ДТП, чел.	Социальный риск HR, погибшие/100 тыс. чел.	Тяжесть ДТП	$H_{n\text{-}3.2\ БДД}$
36	Феодосия	67750	100	134	14	20,66	10,45	0,632
37	Минусинск	67234	60	74	4	5,95	5,41	0,631

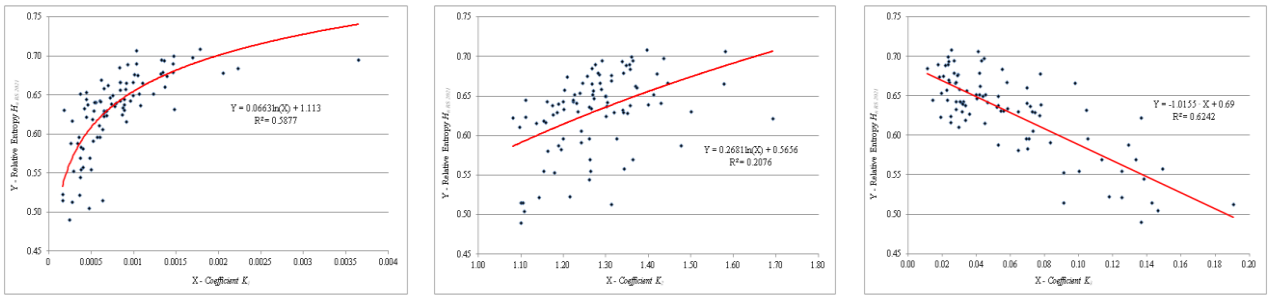
Таблица 5.13 – Сравнение специфических аспектов формирования дорожно-транспортной аварийности в двух разноплановых российских городах

№№ Приложения 7.3	Город	Величина показателя (2021)				
		$H_{3.2\ БДД}$	$H_{n\text{-}3.2\ БДД}$	$K_1 = K_{RA}$	$K_2 = K_V$	$K_3 = K_D$
Малые города (50 тыс. чел. < *Population* < 100 тыс. чел.)						
36	Феодосия	0,694	0,632	0,00148	1,3400	0,1045
37	Минусинск	0,693	0,631	0,00089	1,2333	0,0541

Для двух российских городов с одинаковым населением (около 67,5 тыс. чел.), локализующихся в различных географических (климатических) зонах, характерны разные уровни дорожно-транспортной аварийности (HR_{2021}, *Тяжесть ДТП*$_{2021}$), но одинаковый уровень Относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД} = 0{,}631…0{,}632$.

Проанализируем причины и смысл этого.

Ранее было установлено, что закономерности, представленные моделями $H_{n\text{-}3\ БДД} = f(K_i)$, формируются очень по-разному (рисунок 5.14) в отношении разных звеньев причинно-следственной цепочки.



А). $H_{n\text{-}3\ БДД} = f(K_{RA})$ Б). $H_{n\text{-}3\ БДД} = f(K_V)$ В). $H_{n\text{-}3\ БДД} = f(K_D)$

Рисунок 5.14 – Разнообразие моделей статистической связи $H_{n\text{-}3.2\ БДД} = f(K_i)$

Сравнивая значения соответствующих коэффициентов $K_1 = K_{RA}$; $K_2 = K_V$; $K_3 = K_D$ для систем ОБДД российских городов Феодосия и Минусинск, отмечу следующее.

- вероятность стать участником ДТП в Феодосии выше, чем в Минусинске;

- удельное число потерпевших в ДТП в Феодосии выше, чем в Минусинске.

Не касаясь причин вышеуказанной специфики, укажу, что, казалось бы, величина показателя Относительная энтропия $H_{3.2\ БДД}$ городской системы ОБДД должна в итоге быть выше в Феодосии, но все меняет величина $K_3 = K_D$. Итог – практически одинаковые значения Относительной энтропии $H_{n\text{-}3\ БДД}$ систем ОБДД в двух сравниваемых городах ($H_{n\text{-}3.2\ БДД} = 0{,}631…0{,}632$).

Величины HR_{2021} и $Тяж._{ДТП\ 2021}$ в Феодосии намного выше, чем в Минусинске. С позиций количественного анализа (HR_{2021}; $Тяж._{\ ДТП\ 2021}$) системы ОБДД в сравниваемых городах весьма различаются. С позиций качественного анализа ($H_{n\text{-}3.2\ БДД}$) – практически одинаковы. Как это понимать? Что это значит для специалистов по БДД?

Относительная энтропия системы ОБДД $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ определяет степень вероятностной определенности гибели человека в ДТП. В Феодосии ситуация в сфере БДД намного хуже (высокие значения HR_{2021}; $Тяж._{\ ДТП\ 2021}$), чем та, которая соответствует модельной ситуации (роль которой исполняет Минусинск).

Главный вывод сравнения двух городов с точки зрения оценки качества систем ОБДД заключается в идентичности системных возможностей, но в различии в уровне фактической реализации аварийности.

Т.е. для Феодосии характерно *наличие больших системных резервов повышения БДД*. Реализация их на практике позволит довести показатели *HR* и *Тяж. дтп* до уровня Минусинска.

5.5. Согласование полученных результатов с другими исследованиями. Перспективы дальнейших исследований

Важной частью любого исследования является согласование полученных результатов с выводами других ученых. И здесь необходимо сослаться на результаты исследований [410-418].

В исследовании [410] была предпринята попытка оценить безопасность дорожного движения на основе концепции внутренней безопасности. G. Tingting et al. [410] выстроили следующую иерархию относительной важности факторов влияния на итоговый уровень БДД:

- бдительность человека («вес» ω = 0,25);
- самосознание человека («вес» ω = 0,24);
- совершенство дорожной инфраструктуры («вес» ω = 0,21);
- технические характеристики транспортного средства («вес» ω = 0,15);
- условия внешней среды («вес» ω = 0,08);
- исправность транспортного средства, определяемая техническим обслуживанием («вес» ω = 0,07).

Т.е. так называемая «бдительность» или фактор внимательности и самосознание участников дорожного движения к внешней обстановке являются первичными, самыми значимыми факторами, определяющим итоговую аварийность. При этом они ссылаются не только на свои исследования, но и на статьи Z. Rui,Y. Zhenhong [411], Z. Wei, L. Xiaojing [412], Q. Chen, C. Xiaofang [413], L. Honghong, W. Ni. [414]. Аналогичные и даже более современные результаты можно найти в работах M. Damjanović et al. [415], Ž. Stević et al. [416], M. Li et al. [417]. Результаты этих исследований однозначно определяют в качестве важнейшего фактора влияния на БДД именно особенностей поведения водителя,

т.е. его внимательность к потенциальным рискам, его готовность предупредить негативное развитие дорожной безопасности.

Пожалуй, наиболее явно об этом же свидетельствует работа одного из самых главных авторитетов современности в вопросах БДД норвежца R. Elvik, так и озаглавленная «Which is the more important for road safety – road design or driver behavioural adaptation?» [418]. Как пишет в своей работе R. Elvik [418]: «можно было бы ожидать, что на дорогах с большим количеством крутых поворотов уровень аварийности будет выше, чем на дорогах с небольшим количеством крутых поворотов. Однако это не так. Различия в безопасности дорожного движения между дорогами с различными вариантами горизонтального профиля довольно невелики. Есть даже исследования, предполагающие, что в районах, где дороги извилисты, имеют много изгибов, дорожная аварийность ниже, чем в других идентичных районах с менее извилистыми дорогами. Возникает вопрос: как может быть правдой то, что в районах с извилистыми дорогами, характеризующимися множеством резких поворотов, уровень дорожной аварийности не выше, чем в районах с более прямыми и ровными дорогами? Ответ, вероятно, заключается в поведенческой адаптации водителей к условиям движения. На показатели дорожной аварийности как на поворотах, так и на прямых участках сильно влияет то, как водители приспосабливают свое поведение к количеству поворотов, приходящихся на единицу пути». Итоговый вывод по его работе сформулирован следующим образом: «Поведение водителя гораздо важнее для безопасности, чем геометрический дизайн дороги».

Итак, приведенный в разделе 5.2 данной диссертации сравнительный пример (системы ОБДД в Тюмени и Новосибирске) иллюстрирует смысловую нагрузку Организованности систем ОБДД и ее главной характеристики – Относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$.

Конечно же, использование классических показателей – *HR*, $Масшт._{ДТП}$ и $Тяж._{\ ДТП}$ – в практике оценки БДД продолжает оставаться актуальным. Эти показатели позволяют оценивать БДД количественно. Предлагаемый к практическому использованию показатель Организованности городских систем

ОБДД – Относительной энтропии $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ – играет роль качественного показателя (в отношении оценки системного качества). Характеристика $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ позволяет количественно оценить качественный уровень БДД. Анализ величин коэффициентов $K_i = K_{RA}$; K_V; K_D причинно-следственной цепочки формирования аварийности позволяет детализировать смысловое наполнение вывода об уровне аварийности в городе; проникнуть в суть понятия «Безопасность дорожного движения» в отношении конкретного города. В отношении региональной БДД этот же вывод можно дополнить еще одним коэффициентов K_i, в частности K_{Vh}.

Приведенный в разделе 5.2 пример сравнения двух городских систем организации дорожного движения – в Новосибирске и Тюмени – также весьма показателен. Более низкое, по сравнению с Тюменью, значение $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ в Новосибирске в целом, без углубления в частности, хорошо иллюстрирует выгоды реализации на практике идей Х. Мондермана (H. Monderman) [396-399] и концепции его авторства – концепции общего пространства. Несмотря на тот факт, что концепция общего пространства до сих пор активно критикуется [401], надо четко понимать причины этой критики. Так, анализ критических замечаний С. Муди (S. Moody) и С. Мелия (S. Melia) [401] показывает, что общее пространство не может быть безопасным в случае сложных, многополосных перекрестков УДС с интенсивным движением. Об этом же можно найти мысли в [68]. Эта концепция идеально работает для малых городов с малоинтенсивным движением. В отношении улично-дорожной сети крупных городов использовать ее можно лишь для периферийных районов города, либо для центральных районов города, но в зонах с серьезным ограничением скорости движения транспорта (30 км/ч; 20 миль/час).

Еще один важный вывод, следующий из результатов данного исследования, заключается в бесперспективности постоянного усложнения систем организации дорожного движения в городах. Как показано на российской статистике, это приводит в конечном итоге к противоположному относительно цели повышения БДД ситуации – повышению частоты ДТП. Объясняется это ***тотальным снижением внимательности и ответственности участников дорожного***

движения при создании условий для их бесконфликтного движения. В то же время надо отметить, что при повышении вероятности участия в ДТП снижается тяжесть последствий этих ДТП. Эта закономерность была установлена в ходе исследований рисков получения травм и фактов смерти участников дорожного движения в различных городах мира [397].

Опыт Тюмени, как города с самым высоким значением $H_{п\text{-}3.2\ БДД}$ среди всех российских городов с сопоставимым населением, наглядно показывает, что *управленческие попытки полностью ликвидировать конфликтность среди участников дорожного движения не приводят к снижению дорожно-транспортной аварийности, а лишь изменяют ее структуру (повышается вероятность ДТП при одновременном снижении тяжести их последствий).*

Размышления над возможностями дальнейшего развития данного направления исследований приводят автора к мыслям о возможной трансформации результатов, представленной в данной диссертации в единую теорию пространственно-временной диалектики процессов обеспечения дорожной безопасности.

Разумеется, самое серьезное место в данной теории должны занять результаты будущих исследований связи между сложностью систем управления дорожного движения (в рамках научного направления Complexity) и психо-физиологическими реакциями участников дорожного движения, выбором ими определенных программ поведения. По сути, это одно из направлений исследования когнитивного управления сложными организационно-техническими системами [419-421].

Идейно эти исследования выходят за рамки изучения влияния на дорожно-транспортную аварийность принципов и методов организации дорожного движения. Возможный симбиоз науки о БДД на основе использования информационно-энтропийного анализа и когнитивных методов управления человеческим поведением потенциально является весьма многообещающим.

5.6. Пример возможного варианта решения проблемы высокой вероятности участия в ДТП: технология совершенствования структуры светофорного цикла на перекрестках УДС с малоинтенсивным движением

Критикуя современные методы управления дорожным движением в России и аргументируя их негативное влияние на фактическую БДД, автор хотел бы проллюстрировать и возможности реализации на практике позитивных подходов к управлению транспортными и пешеходными потоками. Ярким примером таких подходов может быть использование нейройнных сетей в оптимизации структуры светофорных циклов. По этой теме автором и его соавтором были проведены исследования, результаты которых опубликованы в [394]. Однако вначале проанализируем историю изменения теоретических подходов к оптимизации светофорного регулирования [422-423].

5.6.1. Исторический обзор смены парадигм автоматизированного управления дорожным движением

В статьях [422-423] представлены исторический обзор изменения стратегий управления дорожным движением. Авторы работы [423] указывают, что достаточно долго основой выбора длительности светофорного цикла и его распределения по фазам светофорного регулирования были детерминированные подходы. Сегодня же усилия разработчиков систем управления дорожным движением основываются на использовании технологий машинного обучения на основе анализа оперативных данных (об интенсивности движения, длине очереди и т.п.). Широкое распространение сегодня для решения задачи управления сигналами светофоров получают нейросетевые методы обучения с подкреплением (reinforcement learning RL) [424-427]. В статьях [424-425] рассматривалась идеология использования методов reinforcement learning в решении задач совершенствования функционирования транспортных систем. В [426] представлены различные варианты проблем, связанных с использованием нейросетей, в частности возможные параметры RL-моделей. Авторы работы [427]

представили обзор существующих методов решения задач управления светофорными сигналами и детально рассмотрели историю развития информационных и коммуникационных технологий и их влияние на проблему управления светофорными объектами.

Итак, в 1958 г. F.V. Webster в работе [428] представил метод расчёта длины цикла светофора и фазового разделения для одиночного (изолированного) перекрёстка. В [429] Дж. Литтл (J. Little) et al. и М. Ли (M.-T. Li) et al. [430] представили стратегии координированного управления движением с фиксированным временем, учитывающим необходимость смещений фаз светофорных сигналов для смежных перекрёстков для оптимизации движения транспортного потока. Недостатоком этих стратегий является отсутствие реакции на динамические изменения трафика и могут использоваться только в условиях ненасыщенного трафика [423].

Преимуществом адаптированных систем управления движения является способность к динамической регулировке длительности фаз светофорного цикла с учетом текущей дорожной ситуации на перекрёстке [431]. Положительный результат такой адаптации – подстройка системы управления светофорным циклом движением под фактические транспортные условия.

5.6.2. Пример совершенствования организации дорожного движения на перекрестке УДС с использованием приемов оптимизации светофорного цикла

Как было показано ранее, критически негативные действия участников дорожного движения, приводящие к ДТП, зачастую определяются их неприятием фактической организации дорожного движения и действиями, связанными с нарушением требований сигналов светофорных объектов. В Тюмени причины такого поведения – нежелание длительного ожидания включения разрешительного сигнала светофора (от 120 сек. и дольше) и отсутствие причинной связи между рекомендациями светофора и действиями участников дорожного движения. Рассмотрим, как это происходит и что можно предложить для снижения проявления этого негатива.

Для анализа возьмем конкретный пример организации движения на перекрестке ул. Одесская и Котовского в Тюмени. Это достаточно простой с позиций оценки сложности участок УДС. Движение транспортных и пешеходных потоков на перекрестке организовано по 3-х-фазной светофорной схеме (рисунок 5.15).

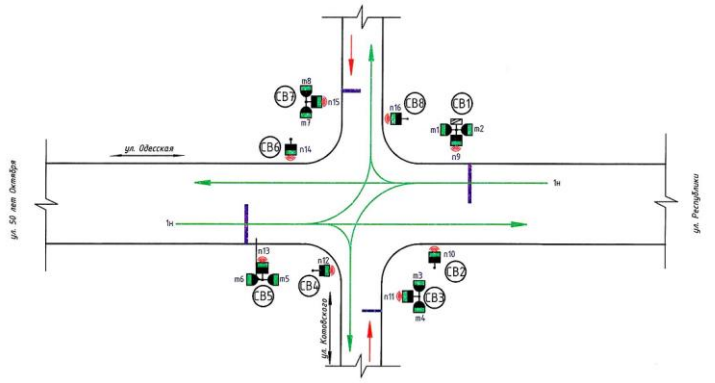


Рисунок 5.15 А – Пофазные схемы организации дорожного движения на перекрестке.

Фаза 1 – Приоритетное направление движения ТС: Север - Юг

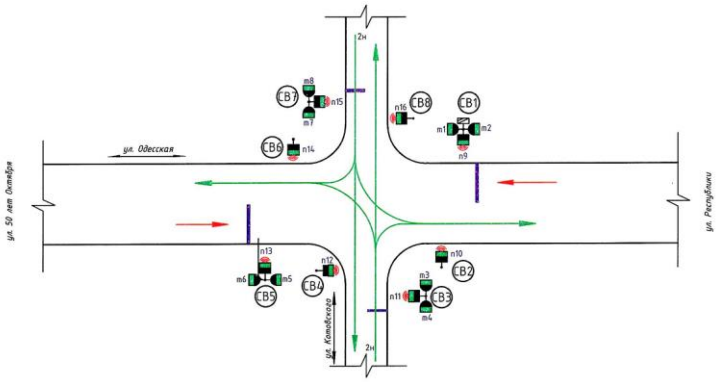


Рисунок 5.15 Б – Пофазные схемы организации дорожного движения на перекрестке.

Фаза 2 – Приоритетное направление движения ТС: Запад - Восток

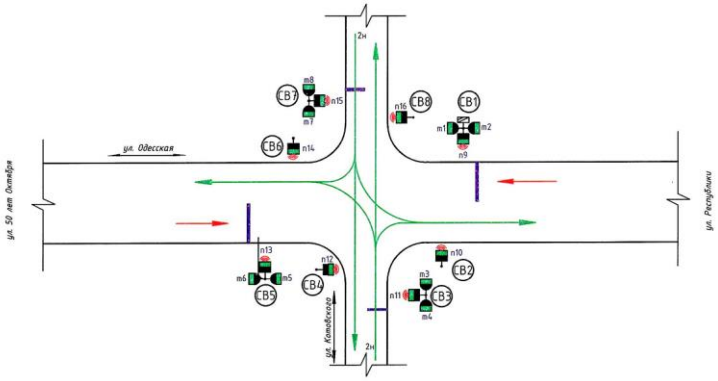


Рисунок 5.15 В – Пофазные схемы организации дорожного движения на перекрестке.

Фаза 3 – Фаза пешеходного движения

Продолжительность каждой фазы в светофорном цикле представлена на рисунке 5.16. Общая длительность цикла светофорного регулирования в дневное время составляла 95 сек, из которых дважды по 34 сек. приходилось на разрешение движения для транспортных потоков, 13 сек. – на пешеходное движение (во всех

направлениях) и 14 сек. в сумме составляла продолжительность промежуточных тактов.

Режим 1 (с 06-00 до 22-00 ч. - будни, с 09-00 до 22-00 ч. - выходные)

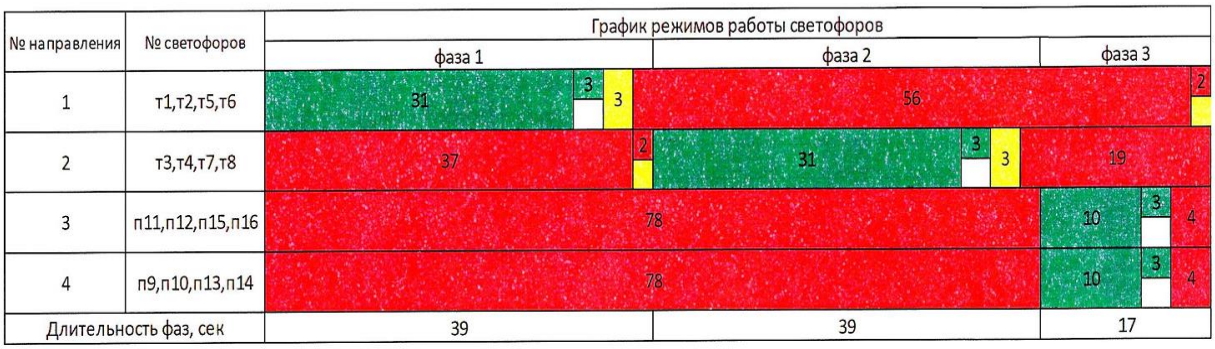


Рисунок 5.16 – Режим работы светофоров в дневное время суток

Весной 2023 г. данный перекресток УДС Тюмени был выбран в качестве экспериментального с целью внедрения адаптивного управления светофорными объектами с использованием машинного обучения и искусственных нейронных сетей.

Прогнозный режим работы светофоров (рисунок 5.16) использовался до лета 2023 г. Позже (осень 2023…осень 2024) на перекрестке проводились эксперименты по введению адаптивных режимов управления дорожным движением; начиная с декабря 2024 г. было решено опять вернуться к использованию прогнозных планов регулирования дорожного движения. Нужно отметить, что в Тюмени никак не решатся перейти на систему адаптивного регулирования дорожного движения. Причины этого заключаются как в наличии ограничений технического и кадрового обеспечения, в определенной стереотипности представлений соответствующих специалистов о том, эффективность каких систем ОБДД все же выше.

Предварительно были проведены экспериментальные исследования интенсивности дорожного и пешеходного движения. Оценка вариантивности суммарной (с учетом всех полос движения) интенсивности движения в утренние часы (с 07:00 до 09:00) на перекрестке ул. Одесская - Котовского в будние дни весны 2023 г. показала, что этот показатель изменяется в течение суток в диапазоне от 1245 ТС/час до 1850 ТС/час. При этом, существует техническая возможность

получать данные в центр управления дорожным движением с транспортных детекторов каждые 15 мин. Расчет сигнального плана производится для средней интенсивности движения, в данном случае – с учетом интенсивности движения 1593 ТС/час. Анализ данных показал, что для прогнозного режима работы светофора целесообразно использовать данные об интенсивности движения, представленные в таблице 5.14. В программном коплексе Lisa+ [432] были рассчитаны фазовые коэффициенты, соответствующие фактической интенсивности движения на этом участке УДС весной 2023 г. (таблица 5.14).

Таблица 5.14 – Общая характеристика прогнозного режима работы светофорного объекта на перекрестке ул. Одесская - Котовского в Тюмени

Направление движения ТС	Фактическая интенсивность движения, ТС/час	№№ фазы цикла	Фазовый коэффициент
Север	580	1	0,45
Юг	305		
Восток	481	2	0,36
Запад	227		
Пешеходы во всех направлениях	850	3	0,19
Примечание: Общая длительность светофорного цикла – 95 сек			

Данный прогнозный режим работы светофорного объекта рассматривается в качестве базового, относительно которого будет проводиться сравнение других возможных вариантов управления движением.

Ставится задача сравнения на предмет эффективности управления режимом работы светофоров на перекрестке двух вариантов: использования прогнозного режима, действовавший до лета 2023 (рисунок 5.16) и использование варианта управления светофорным объектом с помощью заранее обученной искусственной нейронной сети (ИНС).

Оценка времени задержки ТС производилась на откалиброванной имитационной модели Х-образного перекрестка в PTV Vissim 11 [433]. При этом планировалось в качестве основы светофорного цикла использовать адаптивный режим светофорного управления. Это позволяет сокращать длительность основного такта светофора в случае наличия разрыва транспортного потока продолжительностью более 3 сек.

В нашем случае цикл светофорного регулирования (рисунок 5.15) состоит из трех фаз (2 транспортные и 1 пешеходная). Движение автомобилей в противоположных направлениях осуществляется в одну фазу. Алгоритм проверяет наличие разрыва одновременно на двух противоположных направлениях. Применение адаптивного режима светофорного управления позволяет изменять значения фазовых коэффициентов цикла. Следствием этого является снижение среднего времени задержки транспортных средств на перекрестке УДС и подходах к нему. На базе прогнозного режима в программном комплексе Lisa+ [432] был разработан алгоритм адаптивного управления, позволяющий сокращать длительность основного такта светофорного цикла в случае наличия временного разрыва между идущими друг за другом автомобилями, равному 3 сек. (рисунок 5.17).

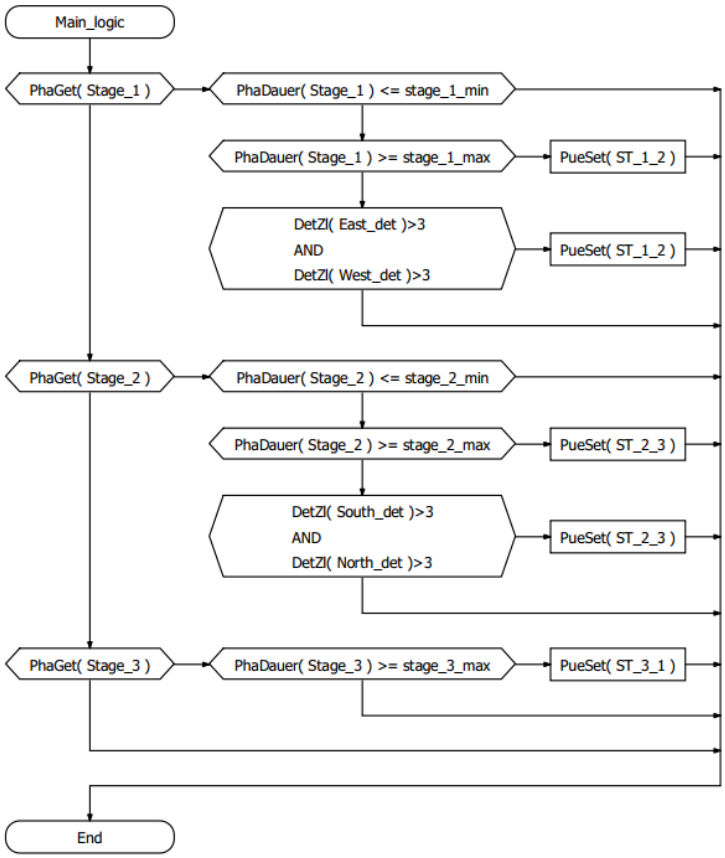


Рисунок 5.17 –
Общий вид алгоритма адаптивного управления в Lisa+ [492]

Обучение искусственной нейронной сети (ИНС) производилось на выборке размером 11 тысяч комбинаций различных значений интенсивности входящего

потока и параметров цикла светофорного регулирования. В результате данного обучения была получена модель, позволяющая в режиме реального времени определять оптимальный сигнальный план для любого сочетания значений интенсивности движения транспортных средств по направлениям.

Для определения оптимальных параметров светофорного цикла был разработан отдельный программный модуль, принимающий значение интенсивности движения по направлениям и создающий массив данных с различными сигнальными планами с заданным шагом изменения длительности основных тактов. Нейросетевая модель, обученная с учетом набора фактических интенсивностей движения, производит расчет среднего времени задержки для каждого варианта сигнальных планов. Полученные значения сортируются и оптимальные для данной интенсивности движения параметры светофорного цикла выводятся в отдельный файл. Сортировка и определение оптимального режима подчиняются целевой функции $T_{задержки} \rightarrow min$.

Сравнение эффекта различных способов управления производилось с помощью оценки среднего времени задержки в целом по модели для каждого пятнадцатиминутного интервала времени в утренние часы наибольшей интенсивности движения (с 07:00 до 09:00).

В таблице 5.15 представлены фактические данные об интенсивности движения транспортных средств по различным направлениям.

Таблица 5.15 – Интенсивность движения транспортных средств по направлениям

№ п/п	Интервалы времени	Интенсивность движения, ТС/час по направлениям			
		Север	Юг	Восток	Запад
1	7:00 - 7:15	465	254	423	206
2	7:15 - 7:30	551	284	465	208
3	7:30 - 7:45	631	321	510	238
4	7:45 - 8:00	673	361	526	256
5	8:00 - 8:15	628	327	510	236
6	8:15 - 8:30	598	340	507	252
7	8:30 - 8:45	576	284	469	221
8	8:45 - 9:00	518	269	438	199

5.6.3. Результаты нейросетевой оптимизации длительности светофорного цикла и распределения его по фазам

Итоговый набор оптимальных циклов светофорного регулирования, разработанных ИНС, представлен в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Параметры цикла светофорного регулирования, полученные с помощью ИНС

№ п/п	Интервал времени	Фазовый коэффициент			Длительность светофорного цикла, сек.
		Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	
1	7:00 - 7:15	0,39	0,33	0,28	61
2	7:15 - 7:30	0,41	0,35	0,24	71
3	7:30 - 7:45	0,43	0,38	0,19	87
4	7:45 - 8:00	0,44	0,38	0,18	94
5	8:00 - 8:15	0,43	0,38	0,19	87
6	8:15 - 8:30	0,42	0,38	0,20	85
7	8:30 - 8:45	0,42	0,36	0,22	77
8	8:45 - 9:00	0,41	0,33	0,26	66
Примечание: При работе ИНС вводились ограничения, не позволяющие увеличивать длительность светофорного цикла более 95 сек.					

Далее, параметры режима работы светофора и значения интенсивности дорожного движения автоматически передавались в PTV Vissim 11 [433] и запускался процесс имитации. Для каждого интервала времени, кроме 7:30 - 7:45 и 8:00 - 8:15 ИНС определяла уникальный режим работы светофора с учетом ограничений ($T_{цикла\ max}$, $T_{основного\ такта\ max}$) (рисунок 5.18).

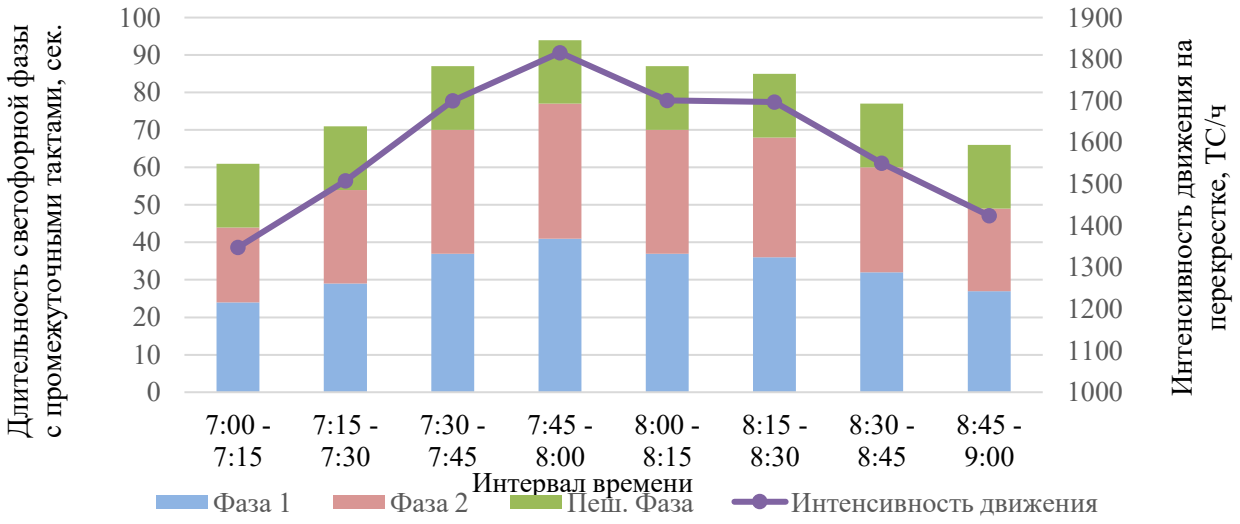


Рисунок 5.18 – Соотношение длительности фаз в цикле с учетом фактической интенсивности движения ТС на перекрестке

Сравнение среднего времени задержки транспортных средств для вариантов прогнозного режима и управления светофором с помощью заранее обученной ИНС показало значительный выигрыш в случае использования варианта использования циклов, имитированных ИНС (рисунок 5.19).

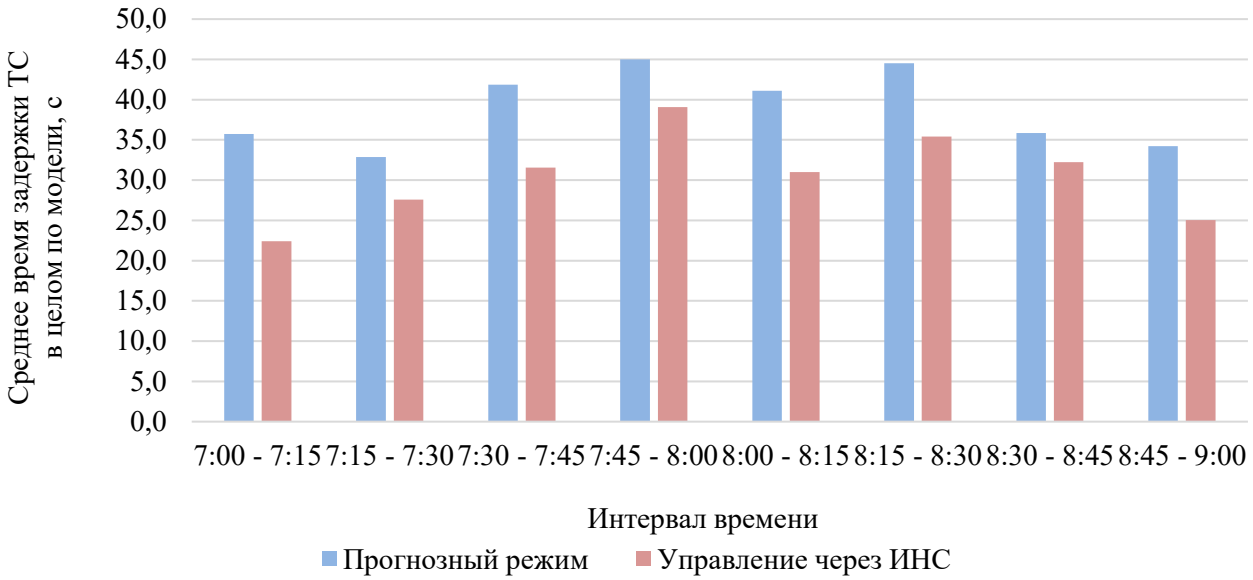


Рисунок 5.19 – Сравнение среднего времени задержки транспортных средств для вариантов прогнозного режима и управления светофором с помощью заранее обученной ИНС

В таблице 5.17 представлены сравнительные результаты оценки задержки ТС на перекрестке, рассчитанные для двух вариантов (прогнозный – таблица 5.14; с использованием ИНС – таблица 5.16) организации работы светофорного объекта.

Таблица 5.17 – Сравнительные результаты оценки задержки ТС на перекрестке, рассчитанные для 2 вариантов организации работы светофорного объекта.

№ п/п	Интервал времени	Среднее время задержки ТС для различных режимов организации светофорного цикла, сек.	
		Прогнозный режим	ИНС
1	7:00 - 7:15	35,7	22,4
2	7:15 - 7:30	32,9	27,6
3	7:30 - 7:45	41,9	31,5
4	7:45 - 8:00	45,0	39,1
5	8:00 - 8:15	41,1	31,0
6	8:15 - 8:30	44,5	35,4
7	8:30 - 8:45	35,9	32,2
8	8:45 - 9:00	34,2	25,0

Данные о среднем времени задержки ТС на перекрестке в утренние часы суток в условиях высокой интенсивности движения приедставлены в таблице 5.18.

Таблице 5.18 – Значения среднего времени задержки транспортных средств при использовании различных способов управления светофорным объектом

Способ управления	Среднее время задержки по интервалам времени, сек.		
	07:00 – 08:00	08:00 – 09:00	07:00 – 09:00
Прогнозный режим	38,9	38,9	38,9
Управление посредством ИНС	30,2	30,9	30,5

Управление светофорными режимами с помощью ИНС демонстрирует снижение времени задержки транспортного потока на 22,4 % для интервала 07:00 – 08:00 и 20,6 % для интервала 08:00 – 09:00 относительно прогнозного режима. Разумеется, аналогичные благоприятные изменения будут характерны и в других случаях реализации адаптивных режимов управления светофорами.

5.6.4. Благотворное влияние адаптивной подстройки фазовых коэффициентов светофорного цикла под транспортный спрос с позиции ОБДД

Оценить влияние преимуществ использования ИНС в организации дорожного движения и ее положительное влиние на БДД можно в отношении конкретного объекта – того самого перекрестка ул. Одесская – Котовского, для которого и проводилась исследовательская работа. Для этого сравним статистику ДТП (таблица 5.22) на перекрестке в течение последних семи лет (2019…2025).

Таблице 5.22 – Статистика дорожно-транспортной аварийности на перекрестке ул. Одесская – ул. Котовского (Тюмень) [151]

Показатели	Годы						
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Годовое число ДТП, ед.	1	1	2	2	0	0	1
Годовое число пострадавших в ДТП, чел.	1	2	2	4	0	0	2

Таким образом, можно отметить, что в Тюмени начало работ (весна 2023) по постепенной замене адаптивного режима светофорного регулирования на управление светофорами с помощью заранее обученной ИНС было инициировано, прежде всего, потерей темпа процесса снижения дорожно-транспортной аварийности.

Выбор перекрестков УДС Тюмени, для которых начали эту работу в первую очередь, объясняется фактором простоты перекрестка и организации движения на нем, и, что немаловажно, динамикой роста дорожной аварийности, зафиксированной в 2019-2023 гг. (таблица 5.22). Главный фактор снижения аварийности на представленном перекрестке по факту замены в светофорном цикле постоянных (таблица 5.14) фазовых коэффициентов на вариативные (таблица 5.19) – снижение эмоционального тонуса водителей, вынужденных терять время в транспортном заторе [494], и, как следствие положительное влияние на БДД качественного изменения нервозности участников дорожного движения [495].

5.6.5. Перспективы инновационного развития светофорной системы в Тюмени и последующей динамики показателей БДД

В таблице 5.23 представлена фактическая динамика и ее прогноз относительно развития светофорного регулирования в Тюмени.

Таблице 5.23 – Динамика развития светофорной системы в Тюмени

Характеристики	Годы								
	1970	1980	1990	2000	2010	2017	2023	2025	2030
Число светофорных объектов, ед.	25	65	125	200	285	315	428	478	550
Основной режим работы светофоров	2-х-фазный		2-х…3-х-фазный	2-х…4-х-фазный	Многофазный с отсечкой времени	Многофазный + пешеходная фаза	Элементы адаптивной системы	Возврат к многофазной системе	Приоритетное использование ИНС
Число светофоров в АСУДД, ед.	-	-	-	-	85	240	374	374	550

Примечание. Приведены экспертные оценки ветеранов транспортной сферы (1970…2010) и данные специализированной организации Тюменьгортранс (2017…2030) [436]

К 2030 г. в Тюмени приоритетно должны использоваться новейшие нейросетевые технологии светофорного регулирования. Следствием этого должно

явиться постепенное повышение (с частичными откатами, как в 2024 г.) организованности системы ОБДД города (таблица 5.24).

Таблице 5.24 – Динамика показателей БДД в Тюмени в последние годы

Характеристика города и показатели БДД	Численные значения				
	2021	2022	2023	2024	2025
Численность населения, чел.	847488	850602	855618	861098	872077
Число ДТП, ед.	1452	1532	1825	1791	1577
Число пострадавших, чел.	2027	2055	2294	2320	2015
Число раненых, чел.	1976	2014	2260	2284	1972
Число погибших, чел.	51	41	34	36	43
Социальный риск *HR,* пог./100 тыс. чел.	6,02	4,82	3,97	4,18	4,93
Тяжесть ДТП, %	2,51	2,00	1,48	1,55	2,13
Относительная энтропия БДД $H_{п\text{-}з\ БДД}$	0,709	0,705	0,696	0,703	0,691

ГЛАВА 6. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗОВАННОСТЬЮ КАК ОСНОВА ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Снижение дорожно-транспортной аварийности, как неизбежного негативного эффекта функционирования автотранспортных систем – одна из важнейших задач, реализуемых в ходе достижения общей глобальной цели – обеспечения подвижности людей и обеспечения возможностей функционирования экономики. Как было показано выше, процессы снижения различных показателей дорожно-транспортной аварийности (числа ДТП, числа пострадавших, раненых и погибших в ДТП, степени тяжести травм и т.п.) тесно связаны с изменением энтропии транспортных систем и процессов их функционирования. Причем, как это показано в главах 3…5, эффекты связи энтропии систем ОБДД, энтропии транспортного потока и энтропии водительских действий с дорожно-транспортной безопасностью весьма неоднозначны.

6.1. Теоретические основы методологии управления БДД (на примере системы ОБДД Российской Федерации)

Часть материалов данного раздела ранее были представлена в авторских работах [207, 351]. Одной из важнейших задач исследования была идентификация степени энтропийной организованности систем ОБДД (т.е. оценка качества системной структуры). Как было показано выше, организованность систем ОБДД определяется «весовой значимостью» различных звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности. Эту значимость можно наглядно проиллюстрировать с помощью диаграммы Парето, представленной на рисунке 6.1. Первая и вторая точки Парето разбивают диаграмму на зоны A, B и C, иллюстрирующие степень значимости («вес») звеньев изучаемого процесса. Технология определения «весовой значимости» звеньев причинно-следственной цепочки представлена в разделе 2.9.

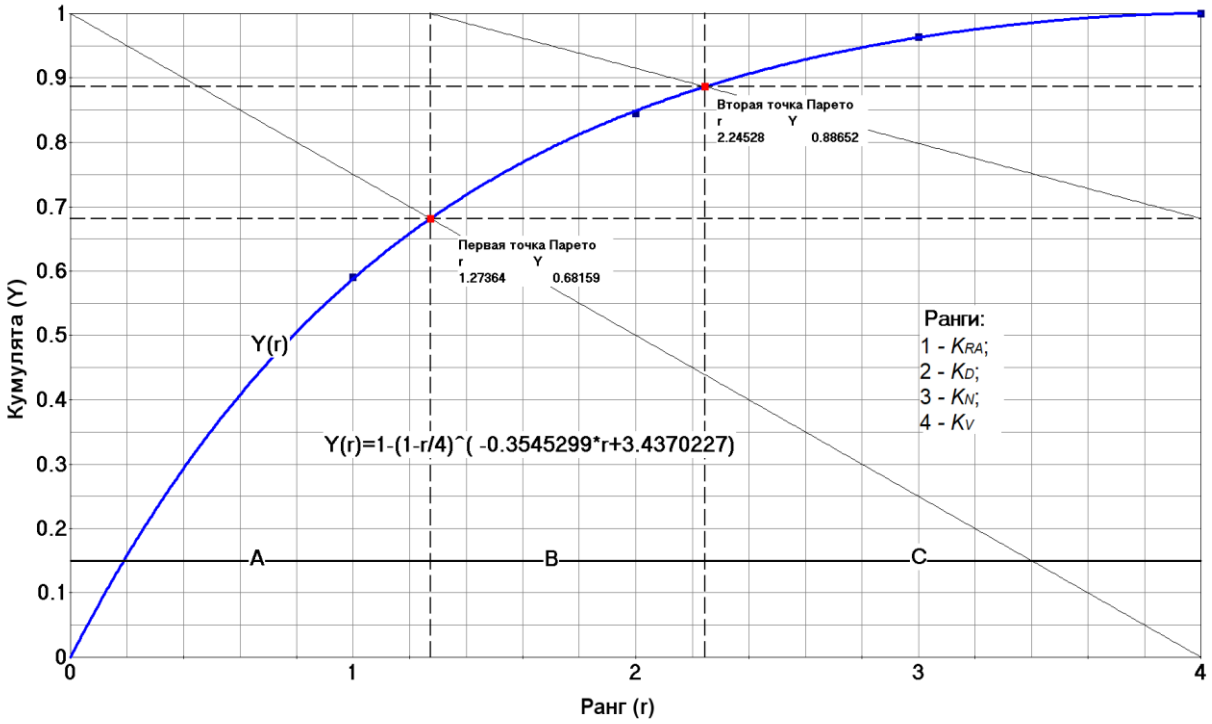


Рисунок 6.1 – Оценка приоритетов звеньев (ABC-анализ «по Парето»)

В таблице 6.1 представлены численные значения «весов» ω_i различных звеньев системы ОБДД в России (2025) и соответствующие им ранги.

Таблица 6.1 – Ранговая значимость звеньев системы ОБДД РФ (2025)

Передаточный коэффициент	Размерность	Значение *Ki* (2025)	Значение *Q* (2025)	Вес ω_i	Ранг
K_N	Число ТС / 1 жит.	0,441	0,818	0,084	3
K_{RA}	Число ДТП / ТС	0,002	6,216	0,630	1
K_V	Число пострадавших в ДТП / 1 ДТП	1,350	0,300	0,030	4
K_D	Доля погибших от пострадавших в ДТП	0,080	2,523	0,256	2
Сквозной, аналог *HR*	Погибших в ДТП / 1 жителя	$9{,}54 \cdot 10^{-5}$	-	-	-
Сквозной, аналог *TR*	Погибших в ДТП / 1 ТС	$2{,}16 \cdot 10^{-4}$	-	-	-

Стоит обратить внимание на то, что правая граница области (A + B) диаграммы Парето (рисунок 6.1) имеет координату r = 2,25 (при кумулятивной важности 88,6 %). Следствием из этого наблюдения будет вывод о приоритетной важности второго («Парк – ДТП») и четвертого («Пострадавшие – погибшие в

ДТП») звеньев цепочки перед звеньями первым («Население – Парк») и третьим («ДТП – Пострадавшие в ДТП»).

Рассмотрим теоретические подходы к оптимизации управления БДД на основе кибернетического моделирования на федеральном уровне, представленные в работе В.И. Колесова [437].

Система ОБДД любого уровня (тем более – федерального) является большой и сложной. Согласно [438] оптимизация большой сложной системы должна осуществлятья с учетом риска недостижения подцелей компонентами системы.

Напомню, что в скорректированной в 2021 г. Стратегии по БДД 2018-2024 гг. обозначено, что целью в сфере БДД для России является достижение к 2030 г. уровня Социального риска HR_{2030} = 4,00 погибших в ДТП/100 тыс. чел. или уровня числа погибших в ДТП в год ≈ около 5900 чел./год. Позже, в Стратегии повышения БДД в РФ на период до 2030 эта цель была изменена еще раз, очевидно по причине недостижимости ранее установленных целевых показателей. В любом случае именно показатель Социального риска *HR* является той опорой, вокруг которой осуществляется целеполагание в сфере БДД и в России, и в мире.

Отмечу, что в ходе разработки методологии управления БДД был использован подход авторства В.И. Колесова [437], задействующий понятия «трудность достижения цели» и «риск недостижения цели».

Т.к. показатель Социального риска *HR* идентифицирует сквозной тракт «Население - <…> - Погибщие в ДТП», состоящий из четырех звеньев, то необходимо определить риски недостижения как общей цели, так и подцелей, характерных для каждого из звеньев цепочки. Таким образом, необходимо определить степень трудности достижения цели d_i по каждой *i*-подсистеме и системе в целом D.

Примем, что частное качество звена причинно-следственной цепочки равно μ_i. В то же время к каждому звену этойцепочки должно предъвляться нормативное требование к качеству ε_i. Тогда трудность достижения цели по каждой *i*-подсистеме d_i является риском недостижения *i*-подсистемой своей цели (6.1) [437]:

$$d_i = \frac{\varepsilon_i \cdot (1 - \mu_i)}{\mu_i \cdot (1 - \varepsilon_i)} \qquad (6.1)$$

где $\mu_i = \frac{Q_i - Q_{i\,min}}{Q_{i\,max} - Q_{i\,min}}$ - фактическое достигнутое качество системы ОБДД;

$\varepsilon_i = \frac{Q_{in} - Q_{i\,min}}{Q_{i\,max} - Q_{i\,min}}$ - нормативное требование к качеству системы ОБДД;

$Q_{i\,n}$ - нормативное значение показателя системного качества;

$Q_{i\,min}$ - минимальное значение показателя качества системы;

$Q_{i\,max}$ - максимальное значение показателя качества системы.

Квалитативная функция $F(d_1, d_2, .., d_n)$ позволяет оценить трудность достижения итоговой цели (в нашем случае HR_{2030} = 4,00 погибших в ДТП/100 тыс. чел). Т.к. набор трудностей частных целей d_i может быть самым разнообразным, то и вариантов квалитативной функции $F(d_1, d_2, .., d_n)$ может быть множество. В зависимости от характера решаемой оптимизационной задачи зависит выбор из их числа какой-либо конкретной цели.

Существует два варианта цели управления:

· максимизации системного качества при ограничении ресурса;

· минимизации затрат с учетом ограничения качества системных процессов.

С учетом того, что затраты по статьям бюджетных расходов (процессы ОБДД бюджетируются государством) строго лимитируются, можно констатировать, что для обеспечения БДД обычно выбирается первый из двух подходов к формулированию цели управления. В этой связи типовой оптимизационной функцией в случае ограничения ресурса [438] выступает линейная функция (6.2) совокупного риска недостижения итоговой цели, учитывающего частные риски d_i:

$$D = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - d_i)^{\lambda_i} \qquad (6.2)$$

где λ_i - веса, отвечающие условию нормировки $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$.

Чем меньше трудность достижения цели d_i, тем ниже риск недостижения i-подсистемами своих долевых целей.

Целевой функцией управления в сфере ОБДД является минимизация $\sum_{i=1}^{n} d_i$, что эквивалентно (6.3):

$$\sum_{i=1}^{n} B_1 \to max \tag{6.3}$$

при условии $ln\,B = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot ln\,B_k$,

где $$B_i = 1 - d_i; \tag{6.4}$$

$$B = 1 - D(J); \qquad D(J) = 1 - exp(-J); \qquad J \le J_{max}. \tag{6.5}$$

При решении задач на экстремум обычно используют функцию Лагранжа (6.6):

$$L = \sum_{i=1}^{n} B_i + \lambda \cdot \left(ln\,B - \sum_{i}^{n} \lambda_i \cdot ln\,B_i \right). \tag{6.6}$$

Экстремум функции (6.6) достигается при условии (6.7):

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L}{\partial B_i} = 1 - \dfrac{\lambda \cdot \lambda_i}{B_i} = 0 \\ \dfrac{\partial L}{\partial \lambda} = ln\,B - \sum_{i}^{n} \lambda_i \cdot ln\,B_i = 0 \end{cases} \tag{6.7}$$

Из первого уравнения следует $B_i = \lambda \cdot \lambda_i$, тогда второе уравнение примет вид $ln\,B - \sum_{i}^{n} \lambda_i \cdot \left[ln\,\lambda_i + ln(\lambda) \right] = 0$ или $ln(\lambda) \cdot \sum_{i}^{n} \lambda_i = ln\,B - \sum_{i}^{n} \lambda_i \cdot ln\,\lambda_i$, но $\sum_{i}^{n} \lambda_i = 1$,

Следовательно, справедливо (6.8) и (6.9):

$$\lambda = exp\left[ln\,B - \sum_{i}^{n} \lambda_i \cdot ln\,\lambda_i \right] \tag{6.8}$$

$$B_i = \lambda \cdot \lambda_i = \lambda_i \cdot exp\left[ln\, B - \sum_i^n \lambda_i \cdot ln\, \lambda_i \right] = \lambda_i \cdot exp\left[ln\left(1 - D(J)\right) + H_i \right] \qquad (6.9)$$

где $H_i = -\sum_i^n \lambda_i \cdot ln\, \lambda_i$; $D(J) = 1 - exp(-J)$; $B = 1 - D(J) = exp(-J)$

С кривой $y_i = 1 - (1 - i/n)^g$, аппроксимирующей диаграмму Парето, функционально связана Энтропия H_i. Функция y является кумулятой весовых коэффициентов λ_i. А это значит, что ее можно рассматривать как ранговое распределение весов λ_i (6.10):

$$\lambda_i = \left[1 - (i-1)/n\right]^g - \left[1 - i/n\right]^g \qquad (6.10)$$

где i - номер ранга;
n - количество рангов.

Таким образом, энтропия H_i является функцией показателя g (рисунок 6.2).

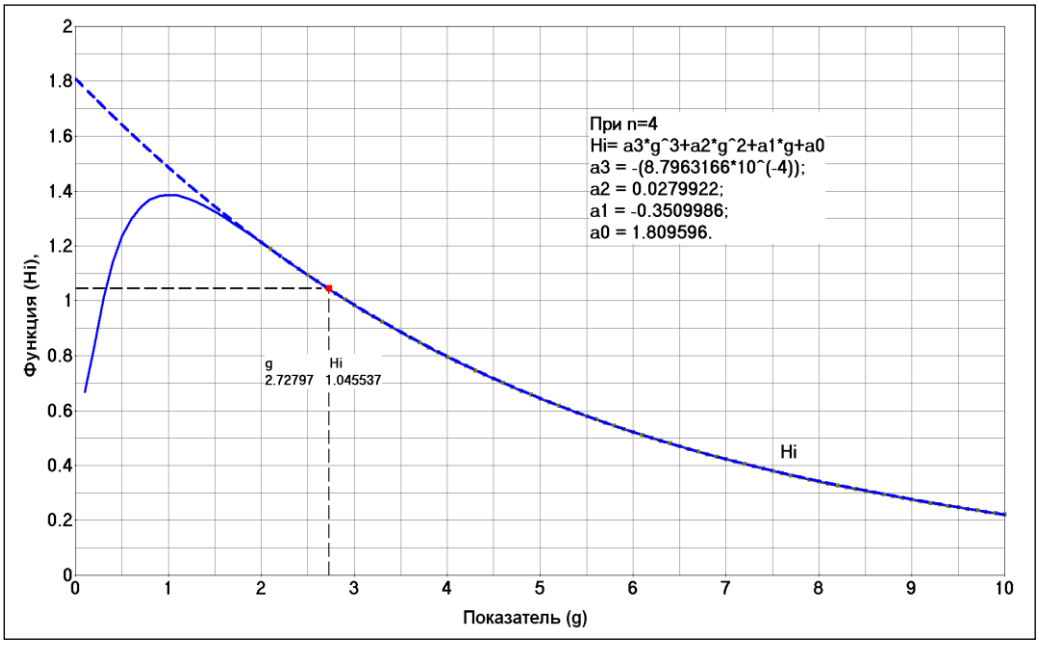


Рисунок 6.2 – Поведение функции $H_i = f(g)$

Поскольку при фиксированном показателе g значение $exp(x)$ в соотношении (6.9) для каждого B_i неизменно, то с учетом $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$:

$$\sum_{i=1}^{n} B_i(g) = exp\left[ln\, B(J) + H_i(g)\right] \cdot \sum_{i=1}^{n} \lambda_i = exp\left[ln\, B(J) + H_i(g)\right] \qquad (6.11)$$

В управлении БДД результаты (6.9) и (6.11) играют ключевую роль. Рассмотрим стратегический и тактический аспекты управления БДД.

Если зафиксировать значение критерия управления на уровне $ln\left[\sum_{i=1}^{n} B_i(g)\right] = C$, то значение $ln\, B = C - H_k(g)$ растет с уменьшением величины $H_i(g)$.

Анализ статистики дорожно-транспортной аварийности ГАИ МВД РФ свидетельствует о росте показателя g (Приложения 10 и 11). Системная энтропия $H_{n\ БДД}$ при этом снижается (Приложение 6). Как было показано выше, снижение величины $H_{n\ БДД}$ свидетельствует о повышении качества систмного управления процессами формирования БДД.

Вернемся к вопросам выбора вариантов внешнего воздействия на систему ОБДД.

Поскольку $B_i = 1 - d_i$, то трудность d_i достижения i-подцели определяется как (6.12):

$$d_i = 1 - \lambda_i \cdot exp\left[ln\, B - \sum_{i}^{n} \lambda_i \cdot ln\, \lambda_i \right] \qquad (6.12)$$

С учетом (6.12) существуют две возможности совершенствования управления БДД:

- определение требований управленческих требований к нормативному качеству ε_i каждой i-подсистемы (6.13):

$$\varepsilon_i = \frac{d_i \cdot \mu_i}{d_i \cdot \mu_i + 1 - \mu_i} = \frac{1}{1 + 1/(d_i \cdot \mu_i) - 1/d_i} \qquad (6.13)$$

- оценка требуемого уровня качества μ_i для каждой из подсистем при заданных значениях ε_i и с учетом запаса по качеству $k_i = \mu_i / \varepsilon_i$ (6.14):

$$\mu_i = k_{i\cdot} \cdot \varepsilon_i = \left(k_i - 1/d_i\right)/\left(1 - 1/d_i\right) \quad (6.14)$$

Оба варианта управления системой БДД вполне реализуемы в рамках общей стратегии. Эти же рассуждения применимы и в отношении региональных и муниципальных систем управления БДД.

6.2. Возможные стратегии управления БДД и их смысловая нагрузка

И в Федеральных целевых программах [146-147], и в Стратегии БДД РФ 2018-2024 гг. [143] четко обозначены цели России в сфере ОБДД: достижение лучших мировых образцов по уровню Социального риска HR. В частности – достижение уровня Социального риска HR_{2030} = 4 погибших в ДТП/100 тыс. чел.

С учетом физического смысла этого показателя, конечная цель в обозримый период сводится к снижению числа ежегодно погибающих в ДТП граждан России с 14,0…14,5 тыс. (2022-2023 гг.) до примерно 5,9…6,0 тыс. чел (к 2030 г. или, что более вероятно, позже). При этом в программных документах ничего не говорится о необходимости изменения структуры дорожной аварийности, как одного из инструментов достижения конечной цели. Однако, как было показано выше, число погибших в ДТП является производной от множества моментов (например, таких как специфика профессов формирования масштабности и тяжести ДТП). Посмотрим на обозначенную проблему с другой (процессной) стороны.

С процессных позиций, принципиальные подходы к целеполаганию в сфере ОБДД могут быть следующими:

- устойчивое развитие процесса повышения БДД (при этом скорость развития негативных процессов меньше скорости позитивных);
- устойчивое инновационное системное развитие (когда коэффициент полезного действия (КПД) системы формирования БДД имеет положительную производную и постоянно возрастает по причине инновационных совершенствований этой системы);

- максимизация векторной составляющей комплексной эффективности совершенствования БДД;
- минимизация риска недостижения принятых обязательств в сфере ОБДД.

Для того, чтобы корректно определить цель устремлений в сфере БДД необходимо четко представлять себе ответ на следующие вопросы:

- какой ресурс (объем, форма) имеется для достижения поставленной цели?
- какая часть предоставленного ресурса рационально используется в создании выходного эффекта (достижения цели)?

Известно, что любая система может характеризоваться КПД, т.е. соотношением выходного полезной мощности (или ресурса) $P_{выход}$ к ее входной величине $P_{вход}$ (6.15):

$$КПД = P_{выход} / P_{вход} \tag{6.15}$$

Здесь принципиально важным является вопрос о соотношении мощностных компонентов (6.15). Баланс мощностей можно представить в виде (6.16):

$$P_{вход} = P_{выход} + P_{потери} \tag{6.16}$$

где $P_{вход}$ - подводимая к системе мощность (ресурс, инвестиции и т.п.);
$P_{выход}$ - выходная мощность системы (фактический результат);
$P_{потери}$ - потери мощности в процессе функционирования системы.

Из (6.16) следует (6.17):

$$1 = X_{доминанта} + X_{субдоминанта}, \tag{6.17}$$

где $X_{доминанта}$ - доминанта (характеризующая КПД системы), $X = P_{выход} / P_{вход}$;
$X_{субдоминанта}$ - субдоминанта (характеризующая потерю кпд системы), $X_{субдоминанта} = (1 - x) = P_{потери} / P_{вход}$.

Практика показывает, что в подавляющем большинстве системных случаев работает закон «обобщенного золотого сечения» [361-363] (6.18):

$$(1/x)^q = x/(1-x) \tag{6.18}$$

Из (6.18) следует (6.19):

$$x^g + x - 1 = 0 \text{ (здесь } g = q + 1). \tag{6.19}$$

Корень уравнения (6.19), который обозначим x_{opt}, характеризует долю ресурса $P_{вход}$ (полезной мощности) поступающей на вход второго блока причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности (рисунки 6.3…6.4). Варианты решения уравнения (6.19) представлены на рисунке 6.3. При росте значения показателя степени g увеличивается изгиб кривой функции *Y*, т.е. при повышении роли доминанты *X* растет значение g. Что это значит?

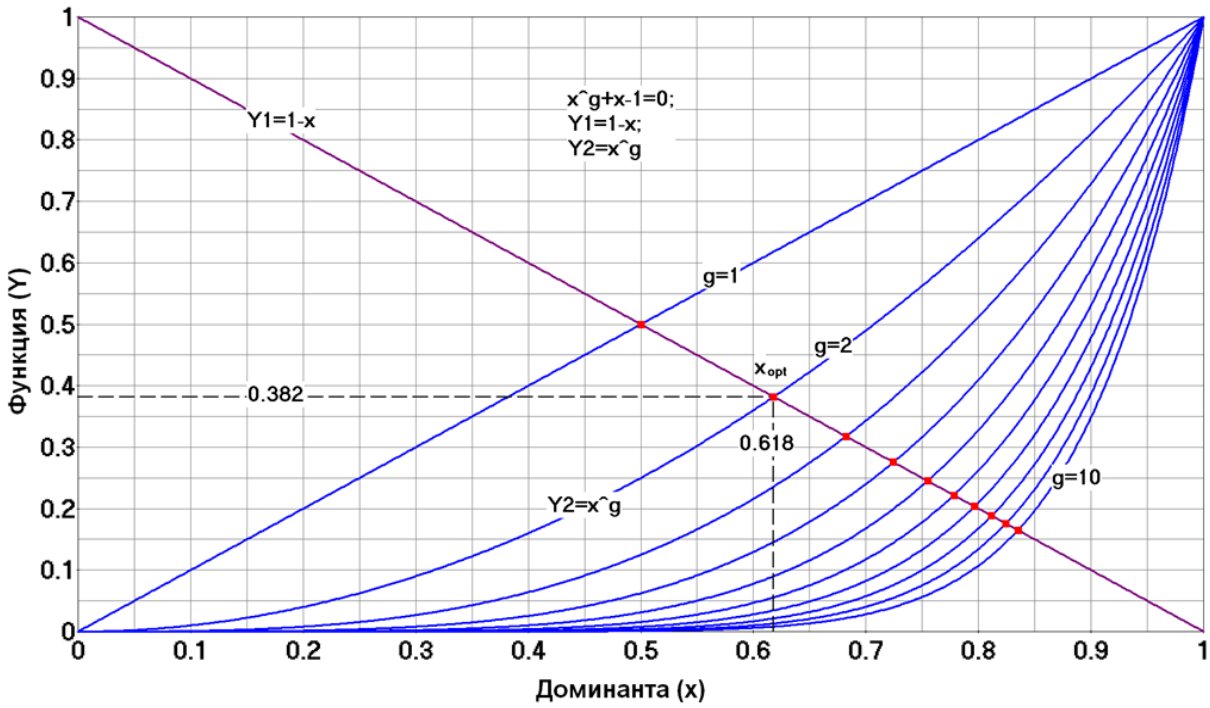


Рисунок 6.3 – Варианты решения уравнения $x_{opt}^g + x_{opt} - 1 = 0$

Очевидно, x_{opt} является функцией аргумента *g*, который потенциально может использоваться как параметр управления доступной долей ресурса (рисунок 6.4).

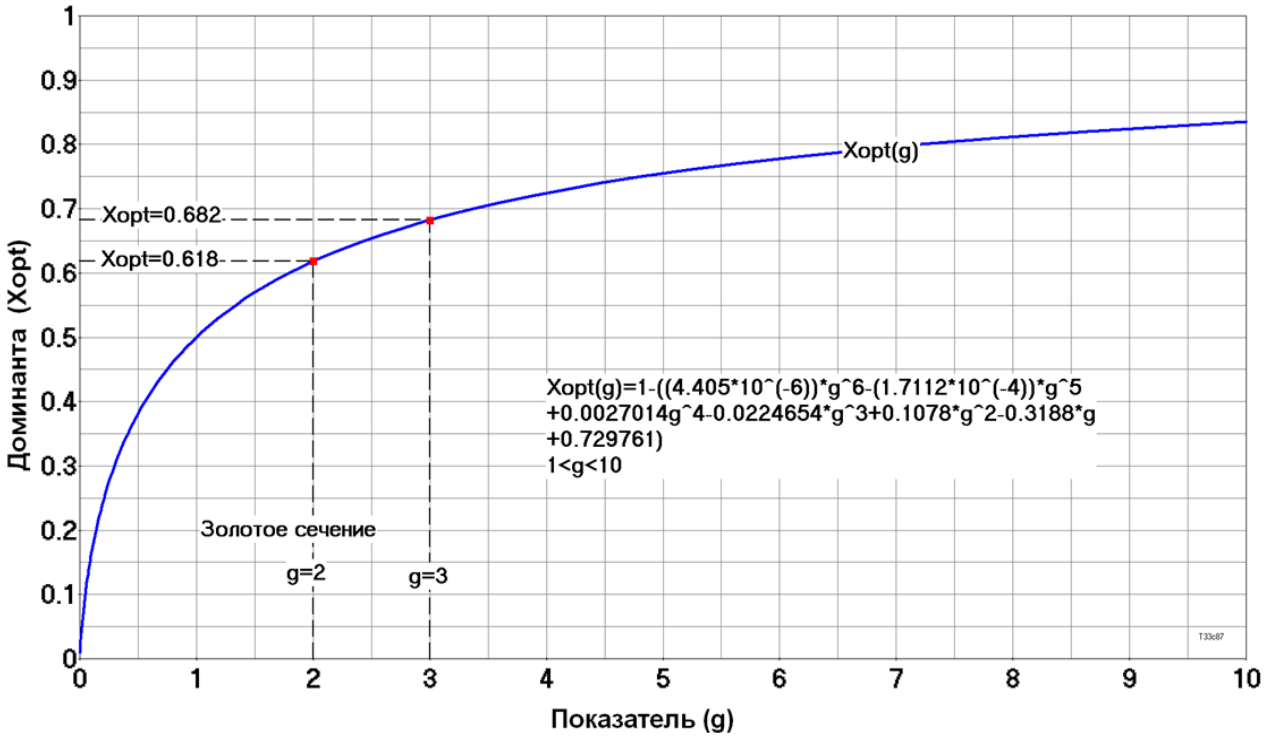


Рисунок 6.4 – Графическое изображение модели $x_{opt} = f(g)$

Ситуация при g = 2 рассматривается как классическое «золотое сечение» [361-363]. В этом случае (рисунок 6.4) решением уравнения (6.18) является доминанта (6.20).

$$x_{opt} = -\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + 1} = 0{,}618 \qquad (6.20)$$

Решение $x_{opt} = 0{,}618$ означает долю ресурса $P_{вход}$ (полезной мощности) поступающей на вход следующего блока причинно-следственной цепочки.

С функцией $x_{opt} = f(g)$ тесно связана функция общей полезности $P = f(X_c)$, график которой приведен на рисунке 6.5.

Напомню, что в простой двухкомпонентной системе максимальная относительная энтропия $H_{n\text{-}2} = 1{,}0$ и минимальный КПД $\eta \to 0$ достигаются при равенстве «весов» ω_i системных компонентов ($\omega_1 = \omega_2$). В более сложных, многокомпонентных системах для повышения КПД системы неизбежно

необходимо повышать значимость (или «вес») одних звеньев процесса по сравнению с другими (и за счет других, т.к. $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$).

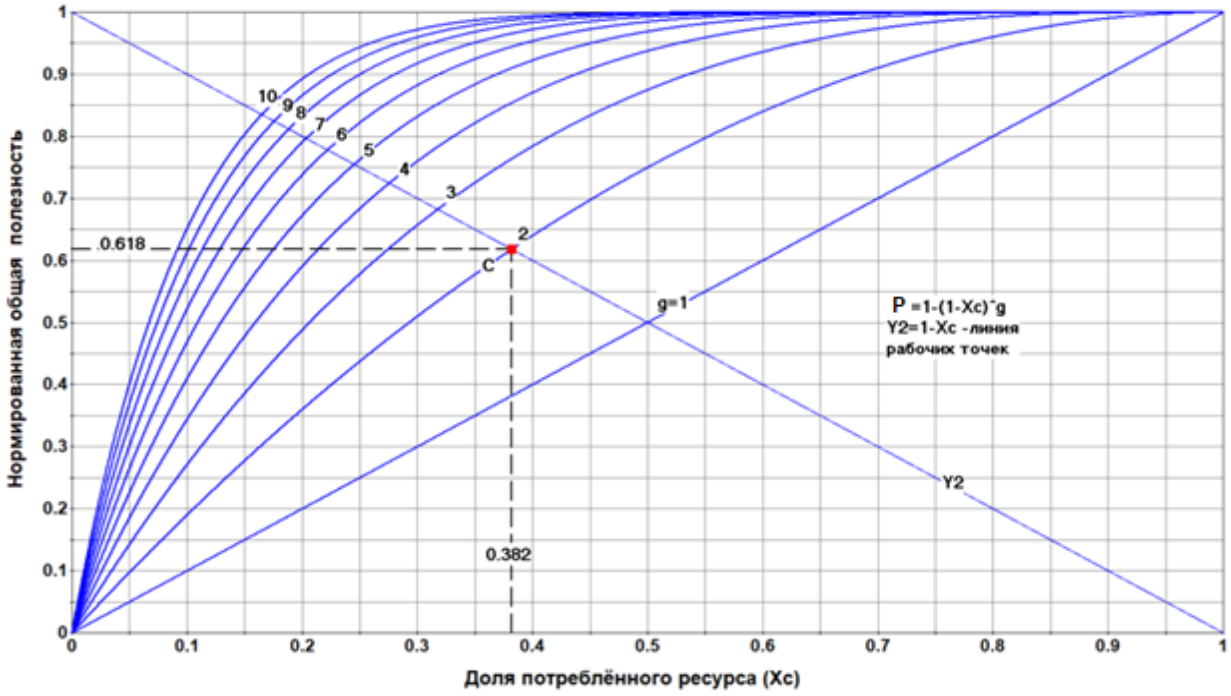


Рисунок 6.5 – Графическое изображение модели функции общей полезности $P = f(X_c)$.

В таблице 6.2 приведен пример фактического распределения «весов» или значимости звеньев системы ОБДД РФ (2021) $H_{n\ БДД\ РФ\text{-}2021} = 0{,}699$ с позиции вклада в общий итоговый результат.

При этом неодинаковость фактических значений «весов» ω_i ($\omega_1 \neq \omega_2 \neq \omega_3 \neq \omega_4$) процессных звеньев, связанных с системными компонентами, хорошо иллюстрируют эту идею (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Фактические (2021) значения «веса» ω_i процессных звеньев причинно-следственной цепочки для системы ОБДД РФ 2021

Численные значения «веса» ω_i *i-го* звена четырехзвенной причинно-следственной цепочки			
Звено 1 «Население – ТС»	Звено 2 «ТС – ДТП»	Звено 3 «ДТП – Пострадавшие»	Звено 4 «Пострадавшие – Погибшие»
$\omega_1 = \omega_N$	$\omega_2 = \omega_{RA}$	$\omega_3 = \omega_V$	$\omega_i = \omega_D$
0,090	0,623	0,032	0,255

В 2025 г. в системе ОБДД $_{РФ\ 2025}$ соотношение «весов» ω_i процессных звеньев изменилось следующим образом (таблица 6.3). $H_{n\ БДД\ РФ\text{-}2025} = 0{,}688$.

Данные таблиц 6.2…6.3 необходимо интерпретировать следующим образом.

Таблица 6.3 – Фактические (2025) значения «веса» ω_i процессных звеньев причинно-следственной цепочки для системы ОБДД $_{РФ\ 2025}$

Численные значения «веса» ω_i *i-го* звена четырехзвенной причинно-следственной цепочки			
Звено 1 «Население – ТС»	Звено 2 «ТС – ДТП»	Звено 3 «ДТП – Пострадавшие»	Звено 4 «Пострадавшие – Погибшие»
$\omega_1 = \omega_N$	$\omega_2 = \omega_{RA}$	$\omega_3 = \omega_V$	$\omega_i = \omega_D$
0,084	0,630	0,030	0,256

Для повышения общего итогового уровня БДД необходимо повышать степень управленческого внимания (что идентифицирует значимость звена) к тому звену причинно-следственной цепочки, что обладает максимальным «весом». Процессно (с течением времени) необходимо перераспределять «веса» ω_i таким образом, чтобы значимость (или вес) звеньев 2 (ω_{RA}) и 4 (ω_D) возрастали, а значимость звеньев 1 (ω_N) и 3 (ω_V), соответственно, снижались. И, судя по данным таблиц 6.2 и 6.3, это медленно, но происходит.

Насколько соответствуют эти рассуждения общего порядка (для страны в целом) конкретной ситуации, складывающейся в отдельном регионе или городе?

В таблицах 6.4 (2021) и 6.5 (2025) приведены значения «весов» ω_i процессных звеньев причинно-следственной цепочки формирования аварийности для региональной (Тюменская область) и муниципальной (г. Тюмень) систем ОБДД.

Таблица 6.4 – Сравнение (2021) «весов» ω_i процессных звеньев причинно-следственной цепочки для региональной и муниципальной систем ОБДД $_{2021}$

Численные значения «веса» ω_i *i-го* звена четырехзвенной причинно-следственной цепочки				
Система ОБДД / ω_i	Звено 1 «Население – ТС»	Звено 2 «ТС – ДТП»	Звено 3 «ДТП – Пострадавшие»	Звено 4 «Пострадавшие – Погибшие»
	$\omega_1 = \omega_N$	$\omega_2 = \omega_{RA}$	$\omega_3 = \omega_V$	$\omega_4 = \omega_D$
Тюменская область	0,078	0,581	0,038	0,303
г. Тюмень	0,072	0,541	0,032	0,355
Сравнение с общероссийской диспозицией				
Российская Федерация	0,090	0,623	0,032	0,255

Данные таблиц 6.4…6.5 лишний раз подтверждают специфичность дорожно-транспортной аварийности в городских условиях и в условиях вне города. Однако для Тюмени характерна явная специфичность проблематики аварийности.

Таблица 6.5 – Сравнение (2025) «весов» ω_i процессных звеньев причинно-следственной цепочки для региональной и муниципальной систем ОБДД $_{2025}$

Численные значения «веса» ω_i *i-го* звена четырехзвенной причинно-следственной цепочки				
Система ОБДД / ω_i	Звено 1 «Население – ТС»	Звено 2 «ТС – ДТП»	Звено 3 «ДТП – Пострадавшие»	Звено 4 «Пострадавшие – Погибшие»
	$\omega_1 = \omega_N$	$\omega_2 = \omega_{RA}$	$\omega_3 = \omega_V$	$\omega_4 = \omega_D$
Тюменская область	0,091	0,563	0,032	0,313
г. Тюмень	0,068	0,538	0,024	0,370
Сравнение с общероссийской диспозицией				
Российская Федерация	0,084	0,629	0,030	0,257

Еще в 2021 г. прослеживалась достаточно плохая ситуация в плане профилактики аварийности ($\omega_{2\ Тюмень} = \omega_{RA\ Тюмень} < \omega_{2\ РФ} = \omega_{RA\ РФ}$). В г. Тюмени акценты в сфере ОБДД сделаны именно на проблематику четвертого звена «Пострадавшие – Погибшие», а первые три звена практически «провисают». Понимать это надо следующим образом: большее внимание в городе уделяется именно процессам совершенствования оказания скорой медицинской помощи (по сравнению с ситуацией в регионе). Но к 2025 г. эта ситуация усугубилась и продолжает ухудшаться (таблица 6.5).

Причем тенденция эта в 2025 г. была, по сравнению с 2021 г., усугублена значительно. Значение «веса» $\omega_2 = \omega_{RA}$, характеризующего именно внмиание к вопросам предупреждения ДТП, в Тюмени значительно ниже общероссийского, причем в 2025 г. снизилось по отношению к ситуации 2021 г.

Это заставляет насторожиться и принять к сведению, что очень серьезное внимание необходимо уделить именно профилактике возникновения ДТП. Конечно же, один из важнейших инструментов для этого – ограничение скорости движения транспортных потоков, выявление злостных нарушителей требований скоростного режима и наказание их. Возможно, вышеуказанная проблематика формируется по причине неадекватного поведения тюменских водителей, которые,

в свою очередь, психуют из-за многочисленных и необязательных задержек ожидания движения на светофорных объектах.

Второй важный для оптимизации управления процессом повышения БДД вопрос заключается в том, какая часть предоставленного ресурса рационально используется в создании выходного эффекта? Опуская за скобками финансовую составляющую, рассмотрим ответ на этот вопрос в абстрактной плоскости. Необходимо максимально рационально использовать доступный ресурс x_{opt} для достижения поставленной цели – повышения общей безопасности участников дорожного движения.

Рассмотрим $P_{выход}$ как благо Q, доставляющее общую полезность *Value*. При этом необходимо учитывать, что производная *d(Value) / dQ* (имеющая смысл предельной полезности) с ростом Q должна убывать.

Можно предложить ряд моделей *Value(Q)*, отвечающих этому условию, например, модель $Value = Value_{\max}\left[1-\left(1-\frac{Q_{\text{opt}}}{Q_{\max}}\right)^{s}\right]$, которая после нормировки сводится к виду (6.21):

$$V = 1-\left(1-z_{opt}\right)^{s} \tag{6.21}$$

где V - нормированная общая полезность процесса повышения БДД, $V = Value / Value_{max}$;

$Value_{max}$ - максимальная общая полезность процесса повышения БДД, достигаемая при максимальном благе Q_{max};

z_{opt} - нормированное благо процесса повышения БДД, $z_{opt} = Q_{opt}/Q_{max} = P_{выход\ opt}/P_{вход} = x_{opt}$;

s - показатель, характеризующий инновационный уровень (smart-уровень) процесса повышения БДД.

Учитывая, что $z_{opt} = x_{opt}$, а x_{opt} – это функция аргумента g, то соотношение (6.21) можно записать в виде (6.22):

$$V = 1-\left[1-x_{opt}(g)\right]^{s} \tag{6.22}$$

С учетом того, что могут быть установлены различные цели повышения БДД, то и стратегии могут формироваться по-разному.

Рассмотрим специфику этих стратегий. Всего этих стратегий три:

· стратегия простого роста (рост экстенсивный, т.к. только за счет увеличения объема ресурса);

· стратегия устойчивого развития (подразумевается рост, но рост интенсивный, за счет увеличения КПД системы) ;

· стратегия устойчивого инновационного развития (более продвинутая версия устойчивого развития).

Стратегия простого роста подразумевает, прежде всего, неизменность параметров g и s (т.е. $g = g_0$; $s = s_0$), что обуславливает постоянство величины коэффициента полезного действия x_{opt}. Это означает, что принципиальная макромодель стратегии простого роста, т.е. изменения нормированной общей полезности процесса повышения БДД (6.22), принимает вид (6.23):

$$V = 1 - \left[1 - x_{opt}(g_0)\right]^{s_0} \tag{6.23}$$

Параметр g задает степень кривизны зависимостей $Y = f(X)$ (рисунок 6.3), $x_{opt} = f(g)$ (рисунок 6.4), $P = f(X_c)$ (рисунок 6.5).

Физический смысл параметр g модели (6.23) заключается в величине инвестиций в сферу ОБДД. Чем выше значение этого параметра, тем больше инвестиций приходит в данную сферу. Соответственно, стратегия простого роста является стратегией экстенсивного инвестиционного роста.

Стратегия устойчивого развития отличается от стратегии простого роста наличием в системе некоей инновации, реализация которой позволяет получать дополнительный системный эффект, не связанный с простым увеличением ресурса.

Особенностью стратегии устойчивого развития является:

- постоянство входной мощности $P_{вход}$;
- неизменность параметра ($s = s_0$).
- рост со временем параметра g;

Таким образом, модель стратегии устойчивого развития имеет вид (6.24):

$$V = 1 - \left[1 - x_{opt}(g)\right]^{s_0} \tag{6.24}$$

Модель (6.24) отличается от (6.23) тем, что $g \neq g_0$, что означает рост ресурсообеспеченности системы ОБДД во времени. Возможно, именно это и означает процесс увеличения значений аргумента g во времени.

Аналитически данную динамику можно задать, например, в форме (6.25):

$$g(t_n) = g_0\left(1 + m_g \cdot T_n\right) \tag{6.25}$$

где T_n - нормированное время жизни проекта (или уклада), $T_n = t/T$;

T - жизненный цикл процесса повышения БДД;

g_0; m_g - параметры системной ресурсной динамики.

Отличие *Стратегия устойчивого инновационного развития* от простой стратегии устойчивого развития является одновременный рост параметров g и s модели (6.22).

Таким образом, особенностью стратегии устойчивого развития является:

- постоянство входной мощности $P_{вход}$;
- рост параметра g;
- рост параметра s.

Например, параметр s может расти согласно модели (6.26):

$$s(t_n) = s_0 \cdot \left(1 + m_s \cdot T_n\right) \tag{6.26}$$

где S_0 ; m_s - параметры системной инновационной динамики.

Это приводит макромодель стратегии повышения БДД, основанной на использовании стратегии устойчивого инновационного развития к виду (6.27):

$$V = 1 - \left\{1 - x_{opt}\left[g\left(T_n\right)\right]\right\}^{s_0\left(1+m_s T_n\right)} \tag{6.27}$$

Показатель $s(T_n)$ в модели (6.27) характеризует степень инновационного воздействия на процесс повышения БДД. Чем выше значение этого показателя, тем креативней частные решения в рамках стратегии повышения БДД.

Степень креативности решений может определяться, например, наличием противоречий между общепринятыми подходами к обеспечению БДД и теми приемами, которые ранее не только не использовались, но и считались в корне неверными. Например, элементы концепции ОБДД, известной как концепция общего дорожного пространства (автор Х. Мондерман (H. Monderman) [396-399]), принципиально противоречат общепринятым в России представлениям о принципах ОБДД. Правда, при этом необходимо упомянуть о том, что данная концепция имеет ограниченную область применения (для участков УДС с малоинтенсивным дорожным движением). Справедливости надо отметить, что практическая реализации политики концепции общего дорожного пространства очень эффективно показала себя в небольших (с населением до 150 тыс. чел.) городах самых разных стран мира (Страны Евросоюза, Австралия, Новая Зеландия, Канада).

Указанные выше стратегии могут использоваться на различных этапах реализации властных установок на повышение БДД. В зависимости от вида выбранной стратегии их методическое и ресурсное наполнение могут варьироваться. Как правило, на первом этапе реализуются управленческие решения в рамках стратегии простого роста, далее – устойчивого развития. Опыт показывает, что решения в сфере ОБДД в рамках стратегии устойчивого инновационного развития в России воспринимаются профессиональным сообществом как маргинальные, не имеющими права на существование. Надо отметить, что российские специалисты неодиноки в своем негативном отношении к явно инновационным решения в сфере БДД. Так, С. Муди и С. Мелия (S. Moody, S. Melia) в своем исследовании [401] также весьма негативно отзываются об идеях, заложенных в концепции общего пространства авторства Х. Мондермана (H. Monderman) [396-399].

Простым примером подходов к повышению БДД, реализуемых в рамках стратегии простого роста, может служить пример повышения объемов инвестиций в систему ОБДД. Этот подход всем хорошо знаком и постепенно реализуется в РФ в рамках Национального Проекта «Безопасные и качественные дороги» [439-440].

Примером элементов стратегии устойчивого развития может быть подход, основанный на попытках цифровизации транспортной системы, как элемента общеэкономической системы страны (Национальный Проект «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [441]). Пример реальной реализации решений данной Стратегии (использование адаптивной технологии оптимизации светофорного цикла на перекрестке УДС Тюмени) подробно рассмотрен в рамках раздела 5.6.2.

Стратегия устойчивого развития, как было показано вывшее, может быть проиллюстрирована примером принципиальной инновационной перестройки привычных процессов управления дорожным движением. Это могут варианты практической реализации решений концепции общего пространства авторства Х. Мондермана (H. Monderman) [396-399] или решения в рамках V Парадигмы БДД о снижении [94], предусматривающие ценовые приемы, стимулирующие людей к изменению транспортного поведения (когнитивные технологии) [442].

Надо отметить, что фактические уровни дорожно-транспортной в разных странах мира определяются именно тем, какие стратегии управления БДД являются основными. Так, в большей части африканских стран основной сегодня является стратегия простого роста; в Японии, Южной Корее, некоторых других странах Юго-Восточной Азии, приоритетной является стратегия устойчивого инновационного развития [443].

Применительно к российской ситуации, надо отметить, что в нашей стране в большинстве регионов и городов основной в сфере повышения БДД является стратегия устойчивого роста (для которой характерен рост параметра ресурсообеспеченности g).

В то же время, в ряде регионов России это движение либо крайне замедленное, либо и вовсе отсутствует. Т.е. далеко не для всех регионов РФ

характерен тренд постепенного увеличения параметра g модели (6.22). Аргументация данного тезиса представлена в разделе 6.3.

6.3. Идентификация степени ресурсообеспеченности систем ОБДД и идентификация тренда ее изменения

Как было показано в разделе 6.1, показатель g моделей (6.19) и (6.22), как идентификатор ресурсного обеспечения изучаемой системы, может быть использован для анализа общего положения дел в процессах совершенствования БДД. В режиме «золотого сечения» увеличение показателя $g(T_n)$ от значения $g(T_n) = g_0 = 2$ до  (т.е. в 1,5 раза) приводит к увеличению x_{opt} от значения 0,618 до 0,682 (т.е. всего в 1,1 раза). Это означает, что управление доступной долей ресурса x_{opt} за счет роста показателя g является весьма непростой задачей, которая значительно усложняется по мере повышения требований к уровню x_{opt}. Эта проблематика рассматривается в [444] на предмет необходимости учета изменения скорости снижения фактического уровня $HR_{РФ}$ при приближении к цели $HR_{РФ\text{-}2030}$ при прогнозировании динамики процессов совершенствования БДД в России. Однако, обратим внимание на изменение значений математического ожидания нормального распределения величин показателя g уравнения $x_{opt}^g + x_{opt} - 1 = 0$, определенных для модели $g = f(H_{п\ БДД\text{-}4})$.

Сводные данные, характеризующие изменение ресурсообеспеченности g системы ОБДД РФ в течение 2005…2025 гг. приведены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Сводные значения математического ожидания нормального распределения величин показателя g уравнения $x_{opt}^g + x_{opt} - 1 = 0$, построенного для модели $g = f(H_{п\ БДД\text{-}4})$, характерной для субъектов РФ в 2005…2025 гг.

Численные значения математического ожидания нормального распределения величин показателя g уравнения $x_{opt}^g + x_{opt} - 1 = 0$							
Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Значение g	2,2678	2,3186	2,3203	2,3246	2,3231	2,3219	2,3315

Продолжение таблицы 6.6

Численные значения математического ожидания нормального распределения величин показателя g уравнения $x_{opt}^{g} + x_{opt} - 1 = 0$							
Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значение g	2,3761	2,4107	2,4343	2,4454	2,4605	2,4873	2,5624

Окончание таблицы 6.6

Численные значения математического ожидания нормального распределения величин показателя g уравнения $x_{opt}^{g} + x_{opt} - 1 = 0$							
Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Значение g	2,6390	2,6542	2,6770	2,6801	2,6832	2,6859	2,6904

Анализ данных табл. 6.6 показал, что значение показателя *g* в течение 21 года выросло с g_{2005} = 2,268 до g_{2025} = 2,690, а значит ресурсообеспеченность общероссийской системы ОБДД в течение 2005…2025 гг. постепенно повышалась.

Данные таблицы 6.6 характеризуют общероссийский показатель *g*, определенный как значение математического ожидания нормального распределения величин региональных (для субъектов РФ) показателей *g* уравнения $x_{opt}^{g} + x_{opt} - 1 = 0$, построенного для модели $g = f(H_{n\ БДД\text{-}4})$.

Рост ресурсообеспеченности системы ОБДД страны происходит в первую очередь за счет роста парка транспортных средств и улучшения его структурного качества. Другие составляющие (совершенствование технологий снижения вероятности участия в ДТП и совершенствование процессов оказания первой медицинской помощи), вероятно, вносят значительно меньший вклад в динамику общей ресурсообеспеченности системы ОБДД страны g.

В этой связи важно анализировать не только общую по стране динамику показателя *g*, но и отслеживать особенности процесса изменения величины *g* для каждого региона. Итак, приведенный выше пример (таблица 6.6) показывает, что в последние годы ресурсообеспеченность системы ОБДД в стране постепенно растет.

С учетом уравнения (6.24) и роста со временем параметра g, можно утверждать, что основной в России в сфере ОБДД является *Стратегия устойчивого развития.*

6.4. Общая критика ныне исповедуемых подходов к обеспечению БДД в РФ

Ранее уже было отмечено, что все документы стратегического планирования предыдущих лет – Стратегия по БДД на 2018-2024 гг. [143], Федеральный проект «Безопасность дорожного движения» [439] – обозначены сроки достижения заявленной цели РФ в сфере БДД слишком оптимистично. В частности, ФП «Безопасность дорожного движения» [439] планировал снижение смертности в результате ДТП к 2024 г. в 3,5 раза по сравнению с базой 2017 г. (до уровня Социального риска *HR* = 4 чел. на 100 тыс. чел.). Там же были обозначены промежуточные целевые годовые показатели по *HR*, представленные в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Плановая динамика целевого показателя Социальный риск *HR*, опредленный Паспортом Федерального Проекта «Безопасность дорожного движения» [439]

Показатель	Тип показателя	Базовое		Год					
		Значение	Дата	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Количество погибших в ДТП, человек на 100 тыс. чел. ($HR_{РФ}$)	Основной	13,0	12.2017	11,7	10,9	9,8	8,4	6,4	4,0

Буквально за пару лет реализации Проекта стало ясно, что амбизиозная цель достижения желаемого уровня $HR_{РФ\text{-}2024}$ нереальна и снизить $HR_{РФ}$ в 3,5 раза в течение 6 лет невозможно.

Подробно проблематика сложности корректного прогнозирования трендов изменения $HR_{РФ}$ рассмотрена в статьях автора [391, 444]. Ниже приведены краткие сведения, представленные в авторских статьях [391, 444].

В рамках другого документа – Национального проекта «Безопасные и качественные дороги (БКД)» [500] (далее НацПроект «БКД») – была прописана необходимость для достижения $HR_{РФ\text{-}2024}$ = 4,0 погибших в ДТП/100 тыс. чел. обеспечить постоянный ежегодный темп снижения значения ΔHR начиная с 2025 г. равный 0,69 погибших / 100 тыс. чел./год (таблица 6.8).

Таблица 6.8 – Плановые прогнозные показатели Социального риска *HR* $_{РФ}$ (в рамках НацПроекта «БКД» [440])

Плановое прогнозное значение *HR* $_{РФ}$ по годам, погибших в ДТП / 100 тыс. чел.							
Год	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Прогноз HR $_{РФ}$	8,40	7,45	6,76	6,07	5,38	4,69	4,00

К сожалению, в этих планах никак не учтено нарастание сложности достижения цели по мере приближения к ней.

В аналитических материалах Научного Центра БДД МВД РФ, подготовленных в течение 2021 г., насчет прогноза будущей (2023…2030 гг.) динамики значений Социального риска *HR* $_{РФ}$ констатируется: «Применяя временные интервалы, затраченные зарубежными странами для снижения Социального риска *HR* с 10,0 до 4,0, к имеющемуся уровню смертности от ДТП в Российской Федерации, можно установить, что достижение значения *HR* = 4,0 в нашей стране возможно не ранее 2039 г., при этом в 2030 г. Социальный риск *HR* может иметь значение только около 6,6. При рассмотрении сохранения существующего в Российской Федерации сценария темпа снижения при условии, что динамика будет соответствовать среднему ежегодному значению снижения за период прошедшего десятилетия, можно предположить, что к 2030 г. возможно достижение показателя только 6,4, а целевой ориентир 4,0 может быть пройден не ранее 2039 г.» [445, с. 13].

Отмечу, что в статьях [391, 444] автор привел три сценария развития динамики изменения величины *HR* $_{РФ}$ с учетом различных вариантов оценки сложности достижения цели. Согласно оптимистичному прогнозному сценарию [391, 444], к 2030 г. Россия может достичь уровня *HR* $_{РФ\text{-}2030}$ = 6,67 погибших в ДТП / 100 тыс. чел., что очень близко к ожидания специалистов Научного центра БДД МВД РФ.

Пожалуй, лишь в относительно свежем документа стратегического значения – Стратегии повышения безопасности дорожного движения в Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г., утвержденной Указом Президента РФ № 841 от 14.11.2025 г. целевые показатели снижены и приведены в

соответствие с мнением специалистов – необходимо снизить смертность в ДТП в 1,5 раза к 2030 г. по сравнению с уровнем 2023 г. (т.е примерно до уровня 9500 погибших в ДТП в год, а это соответствует примерно *HR* = 6,5 погибших в ДТП / 100 тыс. чел. Пожалуй, это один из немногих примеров положительного влияния компетентного мнения специалистов на решения чиновников, разрабатывающих документы стратегического значения.

6.5. Необходимость учета системной энтропии в рамках общероссийской Стратегии ОБДД. Уточнение специфики процессов повышения БДД в регионах и городах Российской Федерации

Три главные основообразующие тезиса, уже подтвержденные ранее представленными результатами, относительно принципов формулирования Стратегии БДД РФ, заключаются в:

· некорректности выстраивания линейных трендов целеполагания относительно темпов снижения величины Социального риска *HR*;

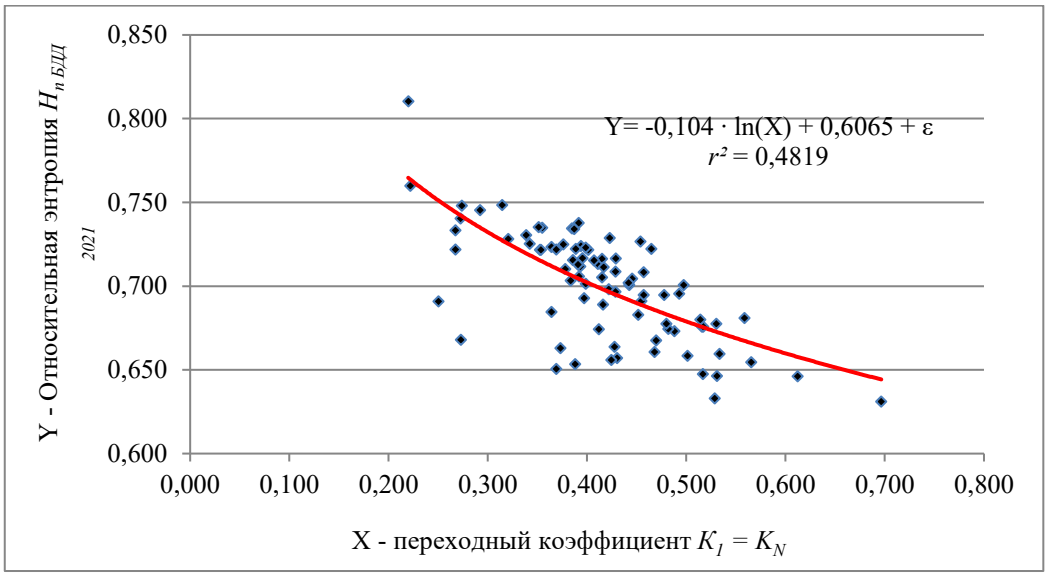
· необходимости при планировании динамики региональных и городских показателей БДД различных темпов изменения множества характеристик, влияющих в итоге на состояние дорожно-транспортной аварийности;

· необходимости учета зависимостей Относительной энтропии процессов ОБДД $H_{n\ БДД}$ от специфики причинно-следственного процесса формирования аварийности.

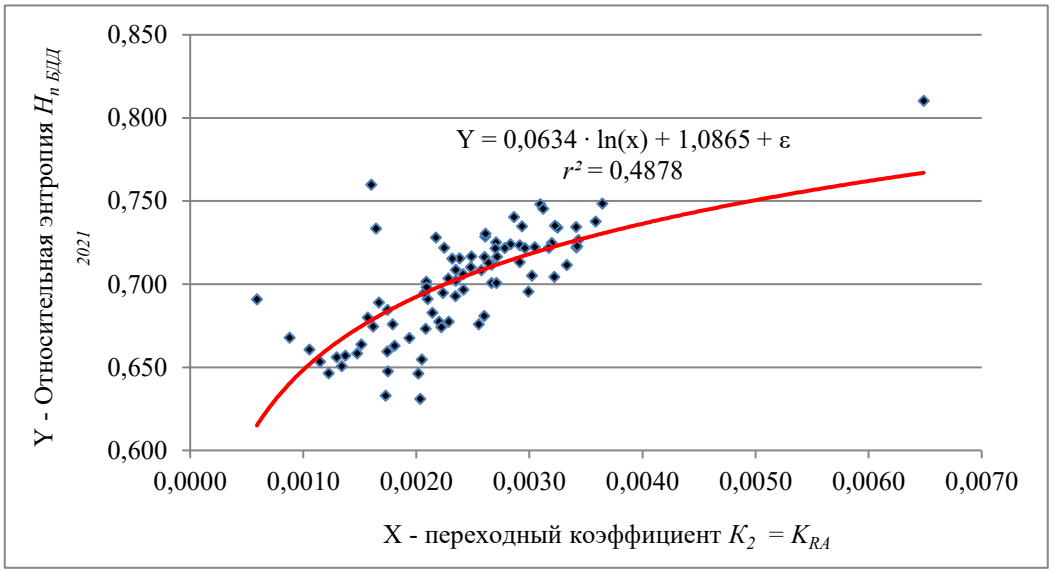
Как было показано в главе 5 статистическая связь между Относительной энтропией $H_{n\ БДД}$ и коэффициентами информационной передачи K_i описывается логарифмическими (либо, в отдельных случаях – линейными) моделями. В случае анализа городских систем ОБДД по методике ($H_{-3.2}$) таких моделей три, две из которых логарифмические (в частности, $(H_{n\text{-}3.2\ БДД}) = f(K_{RA})$ и $(H_{n\text{-}3.2\ БДД}) = f(K_V)$) и одна – линейная $(H_{n\text{-}3.2\ БДД}) = f(K_D)$).

Для региональных систем ОБДД используется другая – четырехзвенная – методика оценки системной организованности ((*H-4*)).

Соответственно, число зависимостей $(H_{n\text{-}4}) = f(K_i)$, построенных для региональных систем ОБДД будет на одну больше – четыре – и выглядеть они будут следующим образом (рисунок 6.6).



А). Модель $H_{n\text{-}4\ БДД} = f(K_N)$

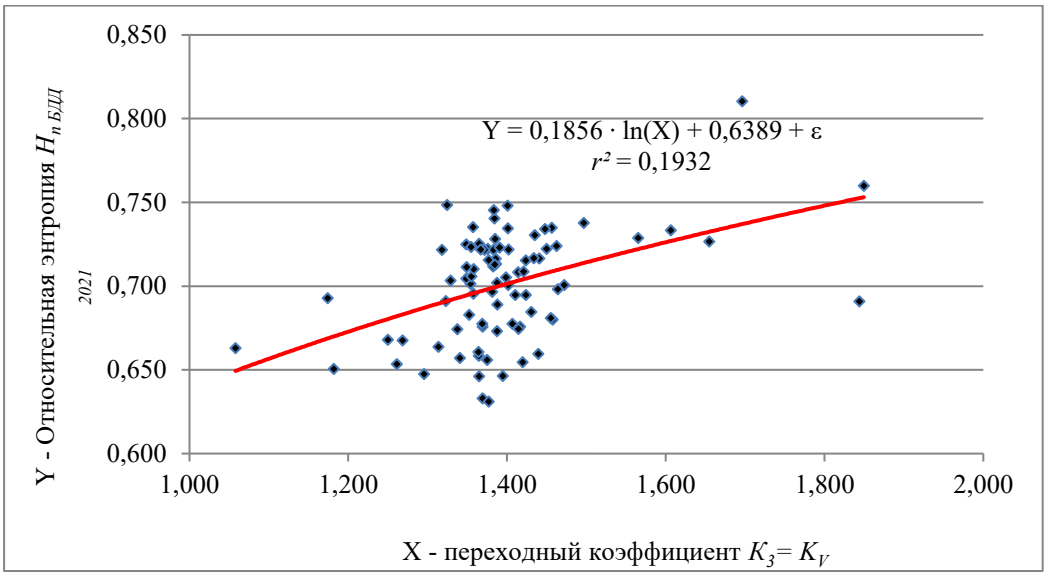


Б). Модель $H_{n\text{-}4\ БДД} = f(K_{RA})$

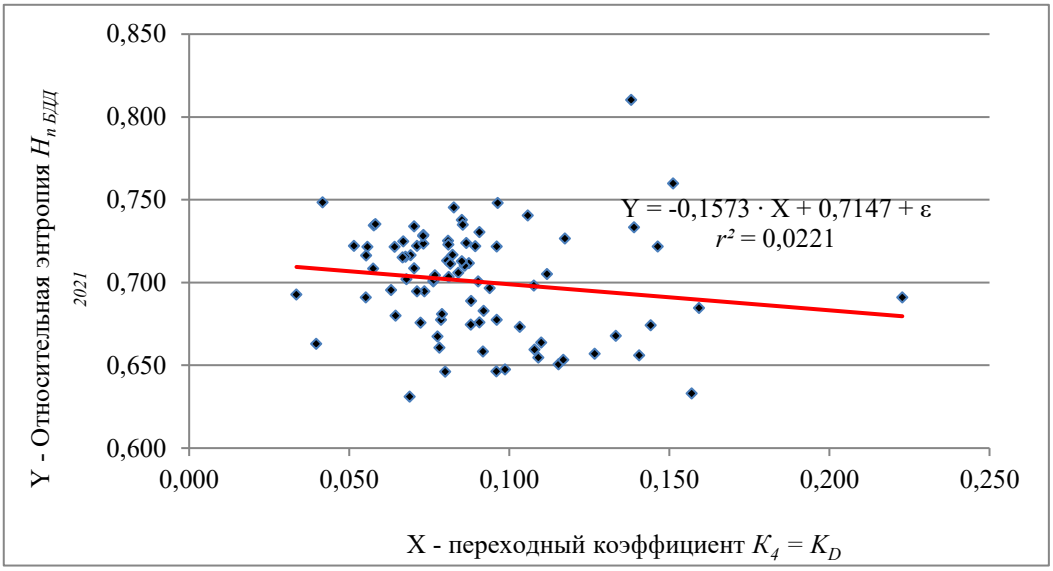
Рисунок 6.6 – Модели $H_{n\text{-}4\ БДД} = f(K_i)$
для исследованных региональных систем ОБДД (2021)

Как и в случае городских систем (методика $(H_{\text{-}3.2})$), для региональных систем ОБДД модели $(H_{n\text{-}4}) = f(K_i)$ преимущественно будут логарифмическими, и лишь одна – $(H_{n\text{-}4}) = f(K_4)$ – линейная.

Данные зависимости (рисунок 6.6) отображают статистическую связь между спецификой процессов формирования дорожно-транспортной аварийности и системной энтропией.



В). Модель $H_{n\text{-}4\,БДД} = f(K_V)$



Г). Модель $H_{n\text{-}4\,БДД} = f(K_D)$

Окончание рисунка 6.6 – Модели $H_{n\text{-}4\,БДД} = f(K_i)$
для исследованных региональных систем ОБДД (2021)

Значимость же, в рамках процесса формирования аварийности, различных звеньев непосредственно процесса, для разных регионов также весьма неоднородна и определяется «весами» процессных звеньев.

В таблице 6.9 представлен пример численных значений весов ω_i звеньев процесса формирования аварийности в регионах – субъектах Центрального ФО РФ (2025) и соответствующее значение Относительной энтропии состояния системы ОБДД региона $H_{n\text{-}4}$ БДД.

Анализ значений весов ω_i звеньев процесса формирования аварийности в регионах позволяет четко идентифицировать «болевые» места процесса ОБДД в конкретных регионах.

Таблица 6.9 – Численные значения «весовой значимости» ω_i звеньев процесса формирования аварийности в регионах – субъектах Центрального ФО РФ (2025)

Субъект Центрального ФО РФ	Значения «весов» ω_i звеньев процесса (2025)				$H_{n\text{-}4\ БДД}$
	$\omega_1 = \omega_N$	$\omega_2 = \omega_{RA}$	$\omega_3 = \omega_V$	$\omega_4 = \omega_D$	
Белгородская область	0,070	0,635	0,032	0,262	0,675
Брянская область	0,095	0,690	0,033	0,182	0,651
Владимирская область	0,093	0,600	0,041	0,266	0,729
Воронежская область	0,077	0,624	0,036	0,263	0,694
Ивановская область	0,084	0,598	0,031	0,288	0,708
Калужская область	0,087	0,628	0,036	0,249	0,699
Костромская область	0,083	0,575	0,031	0,311	0,718
Курская область	0,077	0,650	0,030	0,243	0,668
Липецкая область	0,087	0,633	0,033	0,247	0,692
г. Москва	0,081	0,592	0,013	0,315	0,674
Московская область	0,086	0,697	0,024	0,194	0,627
Орловская область	0,070	0,667	0,041	0,222	0,665
Рязанская область	0,067	0,627	0,037	0,268	0,685
Смоленская область	0,074	0,661	0,027	0,238	0,653
Тамбовская область	0,055	0,633	0,035	0,278	0,664
Тверская область	0,068	0,635	0,035	0,262	0,678
Тульская область	0,078	0,623	0,035	0,264	0,694
Ярославская область	0,097	0,617	0,030	0,256	0,706
Базовый вариант для сравнения – общероссийская ситуация					
РФ (2025)	0,084	0,630	0,030	0,256	0,688
Примечание. Систему ОБДД г. Москвы нельзя сравнивать с аналогами региональных систем, т.к. организация дорожного движения, скорости потоков в городе несопоставимы с региональными образцами. Как следствие этого, московское значение $\omega_3 = \omega_V = 0{,}013$, при том, что для региональных систем $\omega_3 = \omega_V = [0{,}024;\ 0{,}041]$.					

Для повышения общего итогового уровня БДД и, соответственно, повышения общей организованности систем ОБДД, необходимо повышать степень управленческого внимания (что идентифицирует значимость звена) к тому звену причинно-следственной цепочки, что обладает максимальным «весом».

Как было показано в разделе 6.2, процессно (с течением времени) необходимо перераспределять «веса» ω_i таким образом, чтобы значимость (или вес) звеньев 2 (ω_{RA}) и 4 (ω_D) возрастали, а значимость звеньев 1 (ω_N) и 3 (ω_V), соответственно, снижались.

В принципе именно это и происходит в России. Очевидно, это результат усилий специалистов по БДД. В таблице 6.10 представлены «веса» ω_i звеньев причинно-следственной цепочки, характерные для 2021 г.

Таблица 6.10 – Численные значения «весовой значимости» ω_i звеньев процесса формирования аварийности в регионах – субъектах Центрального ФО РФ (2021)

Субъект Центрального ФО РФ	Значения «весов» ω_i звеньев процесса				$H_{n\text{-}4\ БДД}$
	$\omega_1 = \omega_N$	$\omega_2 = \omega_{RA}$	$\omega_3 = \omega_V$	$\omega_4 = \omega_D$	
Белгородская область	0,087	0,638	0,033	0,242	0,689
Брянская область	0,136	0,630	0,035	0,199	0,722
Владимирская область	0,099	0,597	0,043	0,261	0,738
Воронежская область	0,086	0,625	0,036	0,254	0,701
Ивановская область	0,078	0,609	0,028	0,286	0,691
Калужская область	0,097	0,610	0,039	0,254	0,724
Костромская область	0,097	0,597	0,033	0,272	0,722
Курская область	0,093	0,610	0,034	0,263	0,713
Липецкая область	0,076	0,651	0,034	0,239	0,673
г. Москва	0,093	0,597	0,005	0,305	0,663
Московская область	0,086	0,673	0,030	0,211	0,657
Орловская область	0,079	0,623	0,035	0,263	0,695
Рязанская область	0,073	0,618	0,040	0,269	0,701
Смоленская область	0,109	0,603	0,032	0,256	0,725
Тамбовская область	0,075	0,620	0,036	0,269	0,695
Тверская область	0,071	0,639	0,034	0,257	0,676
Тульская область	0,066	0,633	0,036	0,265	0,678
Ярославская область	0,101	0,591	0,031	0,278	0,725
Базовый вариант для сравнения – общероссийская ситуация					
РФ (2021)	0,090	0,623	0,032	0,255	0,699

Сравнение данных таблиц 6.9 и 6.10 показывает впечатляющую динамику роста организованности систем ОБДД в некоторых регионах. Так, в 2021 г. девять из восемнадцати региональных систем ОБДД имели $H_{n\ БДД} > 0{,}700$. В 2025 г. таковых осталось всего четыре (системы ОБДД Владимирской, Ивановской, Костромской и Ярославской областей).

Модели $H_{n\text{-}4\ БДД} = f(K_i)$, представленные на рисунке 6.7, позволяют хотя бы косвенно судить о фактической ситуации в конкретных регионах в категориях

качества (лучше – хуже) относительно общероссийской картины. Качество этих моделей среднее. Модели рисунков 6.7А и 6.7Б характеризуются коэффициентом детерминации $r^2 \approx 0{,}5$; для моделей рисунков 6.7В и 6.7Г коэффициентом детерминации $r^2 < 0{,}2$, что характеризует как общую ситуацию в России в отношении процессов ОБДД, так и региональную специфику. В целом, крайнее разнообразие характерно для российских региональных систем ОБДД именно в сфере 3 и 4 звеньев процесса – масштабности ДТП и тяжести их исхода. А это, прежде всего проблемы социального и управленческого характера.

Рассмотрим эту же проблематику в отношении городских систем ОБДД. Расчет Относительной энтропии $H_{n\text{-}3\ БДД}$ для систем ОБДД городов в данном случае проведен по методике (*Н*-3.2). Приведем данные (таблица 6.11 для данных 2021 г. по численным значениям весов ω_i и $H_{n\text{-}3\ БДД}$ в российских городах-миллионниках.

Таблица 6.11 – Численные значения весов ω_i звеньев процесса формирования аварийности и $H_{n\text{-}3\ БДД}$ в городах РФ с населением более 1 млн. чел. (2021)

Город с населением > 1 млн. чел.	Значения «весов» ω_i звеньев процесса			$H_{n\text{-}3\ БДД}$
	$\omega_1 = \omega_{RA}$	$\omega_2 = \omega_V$	$\omega_3 = \omega_D$	
Москва	0,677	0,015	0,309	0,628
Санкт-Петербург	0,662	0,015	0,322	0,639
Новосибирск	0,724	0,018	0,259	0,597
Екатеринбург	0,678	0,025	0,297	0,651
Казань	0,625	0,015	0,360	0,661
Нижний Новгород	0,622	0,021	0,357	0,677
Челябинск	0,633	0,022	0,345	0,674
Самара	0,652	0,020	0,328	0,659
Омск	0,633	0,025	0,342	0,682
Ростов-на-Дону	0,701	0,017	0,282	0,615
Уфа	0,618	0,021	0,361	0,680
Красноярск	0,656	0,015	0,329	0,641
Воронеж	0,645	0,023	0,332	0,670
Пермь	0,675	0,017	0,307	0,636
Волгоград	0,654	0,028	0,318	0,676
Краснодар	0,683	0,026	0,291	0,650

Все необходимые исходные данные и непосредственно расчет Относительной энтропии городских систем ОБДД $H_{n\text{-}3\ БДД}$ представлены в Приложении 4 (2021 г.).

Сравнивая значения $H_{n\text{-}3\ БДД\ 2021}$, характерные для городов с населением более 1 млн. чел., отмечу, что минимальное значение Относительной энтропии городских

систем ОБДД $H_{п\text{-}3\ БДД\ 2021}$ хактерно для г. Новосибирск ($H_{п\text{-}3\ БДД\ 2021}$ = 0,597); максимальное значение этого показателя зафиксировано в г. Омск ($H_{п\text{-}3\ БДД\ 2021}$ = 0,682). Проанализируем, за счет чего организованность системы ОБДД в Новосибирске в 2021 г. выше, чем в Омске (таблица 6.12).

Таблица 6.12 – Сравнение численных значений весов ω_i звеньев процесса формирования аварийности в городах городах-антиподах с позиции системной организованности БДД (2021)

Город с населением > 1 млн. чел.	Значения «весов» ω_i звеньев процесса			$H_{п\text{-}3\ БДД}$
	$\omega_1 = \omega_{RA}$	$\omega_2 = \omega_V$	$\omega_3 = \omega_D$	
Новосибирск	0,724	0,018	0,259	0,597
Омск	0,633	0,025	0,342	0,682

Очевидно, при высоком значении «веса» $\omega_1 = \omega_{RA}$, т.е. при значительном внимании к процессам формирования ДТП, т.е. при осуществлении мероприятий по предотвращению ДТП итоговое значение $H_{п\text{-}3\ БДД}$ будет относительно низким. Новосибирск в этом плане является городом образцом, а Омск, напротив, является городом-антипримером. С другой стороны, для Новосибирска характерна другая проблема, которая отсутствует в Омске – относительно низкое значение «веса» $\omega_3 = \omega_D$. Здесь уже Омск является примером. Очевидно, что эта диспозиция является следствием общей ситуации в организованности систем ОБДД этих городов. Очевидно, что в Новосибирске в целом сравнительно лучшие условия для движения транспортных потоков (возможно, более совершенная система светофорного регулирования и т.д.). Омск в этом проигрывает Новосибирску. С другой стороны, Омск выигрывает у Новосибирска в качестве организации скорой медицинской помощи (значение $\omega_3 = \omega_D$ выше). В качестве рекомендаций общего порядка можно было бы рекомендовать в Новосибирске больше внимания уделить оптимизации скоростных режимов движения потоков и повышению качества оказания скорой медицинской помощи. Для Омска – проблема номер 1 – относительно более высокая вероятность участия среднестатического водителя в ДТП. Необходимо искать причины этого. Подтверждением этого тезиса является официальная статистика Госавтоинспекции МВД РФ [151], приведенная в Приложении 4 и в таблице 6.13.

Таблица 6.13 – Сравнение показателей (2021) дорожной аварийности в городах городах-антиподах (Новосибирск – Омск) с позиции системной организованности БДД

Сравниваемые города	Значения показателей						
	Население, чел.	ДТП $_{2021}$, ед.	Пострадавшие в ДТП$_{2021}$, чел.	Погибшие в ДТП$_{2021}$, чел.	$K_1 = K_{RA}$	$K_2 = K_V$	$K_3 = K_D$
Новосибирск	1620000	980	1175	83	0,00060	1,19898	0,07064
Омск	1139000	1547	2014	57	0,00136	1,30188	0,02830

Очевидно, что если в городе с населением в 1,5 раза меньшим (Омск) зафиксировано в 1,6 раза больше ДТП, чем в более крупном городе, то это является следствием проблем в звене причинно-следственной цепочки «Население – число ДТП», что отображается значениями коэффициентов $K_1 = K_{RA}$ (более чем двукратная разница в значениях K_{RA}). С другой стороны, усугубляет ситуацию трехкратная разница между значениями коэффициентов $K_3 = K_D$.

6.6. Общая схема управления региональной (городской) безопасностью дорожного движения с учетом уровня ее энтропийной организованности. Алгоритм выбора инструментария повышения уровня организованности региональных систем ОБДД

На рисунке 6.7 представлена общая схема управления региональными (городскими) системами ОБДД с учетом уровня их энтропийной организованности. Данная схема была предложена автором в рамках авторской статьи [394].

Данная схема носит общий характер и не претендует на детализацию управленческих процессов. Т.к. целью управления системной организованностью в сфере ОБДД является оптимизация величины $H_{n\ БДД}$ (в современных условиях – снижение $H_{n\ БДД}$ до уровня $H_{n\ БДД\ optim} \rightarrow 0{,}618$), то необходимо знать, посредством какой деятельности можно достичь этого.

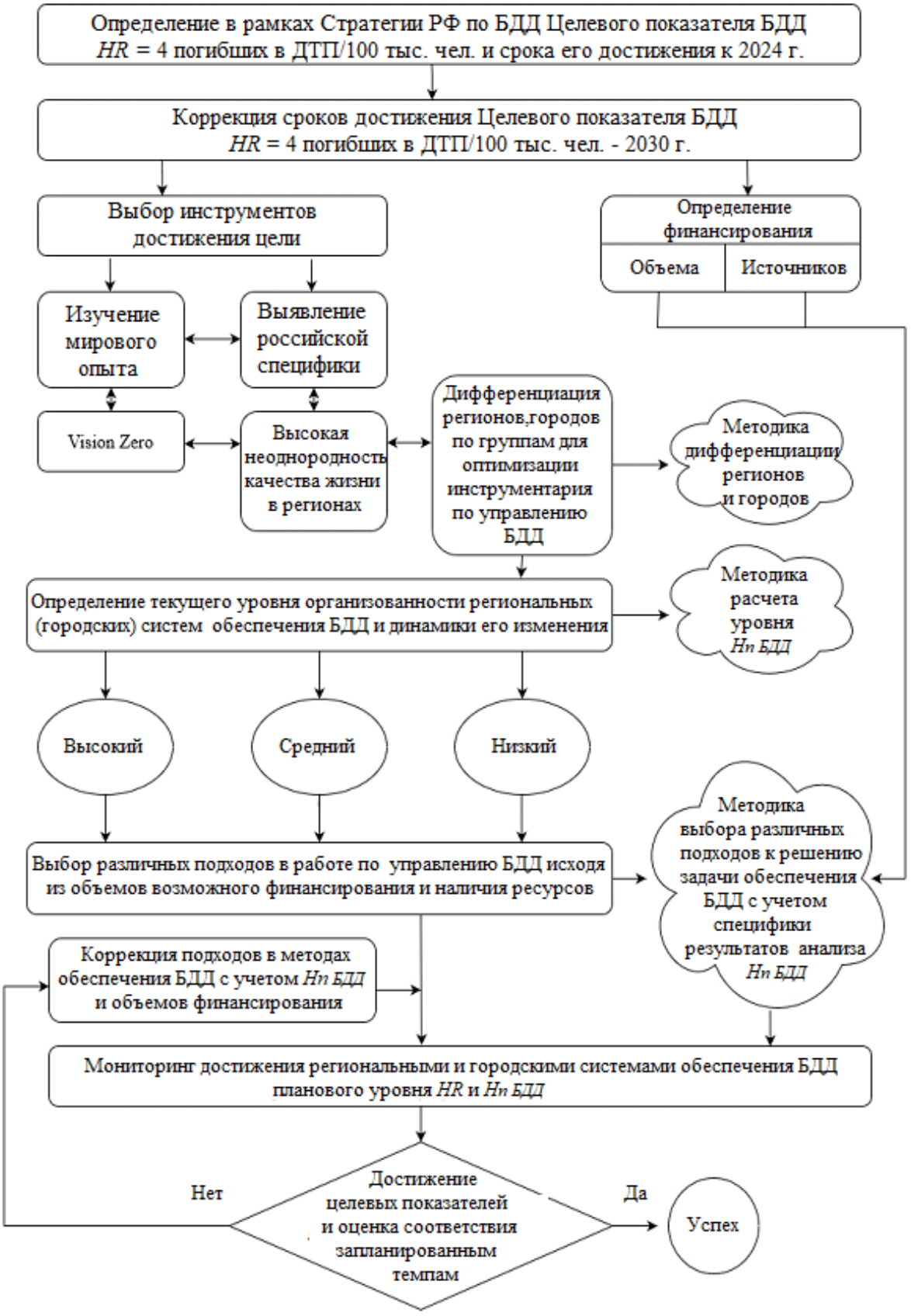


Рисунок 6.7 – Общая схема управления региональными (городскими) системами ОБДД с учетом уровня их энтропийной организованности [394]

Выбор инструментария повышения уровня организованности региональных систем ОБДД определяется блок-схемой следующего алгоритма (рисунок 6.8) [446].

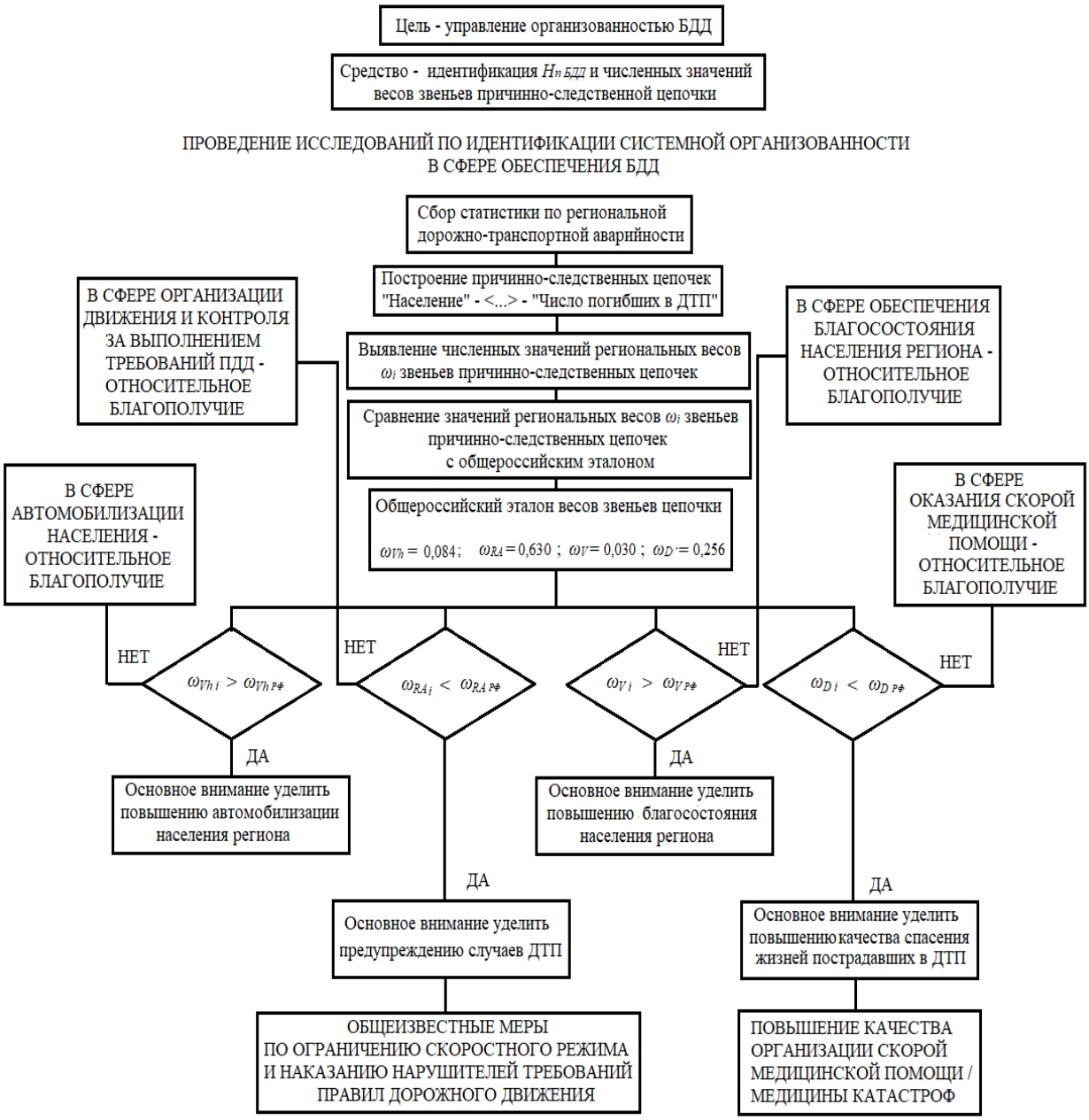


Рисунок 6.8 – Алгоритм выбора инструментария повышения уровня организованности региональных систем ОБДД [446]

6.7. Общие подходы к практической реализации результатов исследований

Практическая реализация результатов диссертационного исследования должна быть формализована в виде методики практического использования.

Методики оценки энтропийной организованности системных процессов ОБДД могут быть использована для решения задач по повышению БДД на федеральном, региональном и муниципальном уровнях (рисунок 6.9).



Рисунок 6.9 – Интересанты (пользователи) Методик практического использования, разработанных в рамках данной научно-исследовательской работы

Причем федеральные органы, курирующие общую политику ОБДД в стране в целом (Главное управление Госавтоинспекции МВД РФ, Научный центр БДД МВД РФ) могут использовать Методику, представленную в разделе 6.8 как для целей оценивания качества управления БДД в субъектах РФ, так и для идентификации фактической ресурсной обеспеченности работ по повышению БДД в регионе.

Региональные структуры (ГАИ ГУВД регионов РФ) могут использовать данные методики с целью выявления региональной специфики процессов формирования дорожной аварийности.

На муниципальном уровне использование данных методик позволит оценить специфику процессов формирования дорожной аварийности в конкретных городах. При обмене данными между муниципалитетами возможно сравнение специфичности местных результатов с аналогами, характерными для других городов.

Представление об уникальных свойствах процесса формирования аварийности позволит эффективно противодействовать специфическим проявлениям аварийности в системе ОБДД конкретного города.

6.8. Методика оценки системной организованности процессов ОБДД

Данная методика может быть представлена в виде следующего базового алгоритма (рисунок 6.10).

Начало

↓

0 этап	Постановка задачи – установление численного значения относительной энтропии $H_{n\text{-}4\ БДД\ i}$ региональной системы ОБДД и формирование понимания того, к какому классу (по отношению к общероссийской системе ОБДД в текущий момент времени) относится какая-либо региональная система ОБДД. Уточнение, требуются ли для региональной системы ОБДД повышенные (относительно возможного в настоящий момент времени среднероссийского уровня) инвестиции

↓

1 этап	Представление процесса формирования региональной дорожно-транспортной аварийности в виде кибернетического причинно-следственного механизма $P \to N_{Vh} \to N_{RA} \to N_V \to N_D$

↓

2 этап	Выбор, с учетом различных исходных обстоятельств, методики количественной оценки организованности региональной системы ОБДД $H_{БДД}$

↓

3 этап	Расчет численных значений коэффициентов информационной передачи K_i в выбранной причинно-следственной цепочке механизма формирования БДД $K_i = A_{out}/A_{in}$, а именно: $K_N = N_{Vh}/P$; $K_{RA} = N_{RA}/N_{Vh}$; $K_V = N_V/N_{RA}$; $K_D = N_D/N_V$

↓

4 этап	Расчет позитива (положительного вклада Q) относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке передачи информации «Население – <…> – Число погибших в ДТП». $Q = Q_N + Q_{RA} + Q_V + Q_D = \ln(1/K_N) + \ln(1/K_{RA}) + \ln(K_V) + \ln(1/K_D)$

↓

5 этап	Определение особенностей структуры весовых коэффициентов w_i для оценки положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <…> – Число погибших в ДТП» в формирование результата

↓

6 этап	Расчет, с учетом значений Q_i и w_i численного значения региональной абсолютной H_i и Относительной энтропии $H_{n\,i}$ системы ОБДД в регионе, рассчитанного по четырехзвенному механизму: $H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$; $H_n = H/H_{\max} = H/\ln(n)$, где $n = 4$ (учитываются 4 звена причинно-следственной цепочки).
	Формулирование выводов об уровне системной организованности системы ОБДД региона

↓

↓

7 этап	Определение классификационного места региональной системы ОБДД в общероссийской классификации системной организованности процессов

Возможные варианты значения ($H_{п\text{-}4\ БДД}$), рассчитанного по 4-х-звенной методике (для 2025 г.)		
Региональное значение $H_{п\ БДД} \leq 0{,}675$	Региональное значение $0{,}676 < H_{п\ БДД} \leq 0{,}725$	Региональное значение $H_{п\ БДД} > 0{,}725$
Относительно высокий (для 2025 г.) уровень организованности	Средний (для 2025 г.) уровень организованности	Относительно низкий (для 2025 г.) уровень организованности

↓

8 этап	Рассмотрение (в сравнении с типичными общероссийскими) численных значений позитива Q_i звеньев информационной передачи в причинно-следственной цепочке формирования БДД и их относительного веса ω_i.
	Формулирование выводов о региональной специфике региональной системы ОБДД.

↓

9 этап	Сравнение региональных значений «веса» ω_i со общероссийскими значениями ω_i.
	Формулирование выводов о региональной специфике в сфере ОБДД

Возможные варианты в сравнении с общероссийской спецификой значений ω_i.			
Значения ω_i, характерные в целом для Российской Федерации в 2025 г.			
$w_N = 0{,}084$	$w_{RA} = 0{,}630$	$w_V = 0{,}030$	$w_D = 0{,}256$
По факту сравнения региональных значений ω_i со значениями общероссийскими, уточняется и конкретизируется специфика «болевой проблемы» региона в сфере ОБДД. В итоге - формулируется вывод о необходимости конкретных действий по борьбе с дорожной аварийностью.			

↓

10 этап	Формулирование выводов о региональной специфике организованности системы ОБДД и выбор соответствующего инструментария решения задачи по повышению организованности региональной системы ОБДД с учетом сравнения региональных «весов» ω_i в сравнении с общероссийскими значениями ω_i.

Возможные (для 2025 г.) варианты для значений величины региональных «весов» ω_i, рассчитанных по 4-х-звенной методике ($H_{п\text{-}4\ БДД}$).			
Важнейшие варианты комбинаций значений региональных «весов» ω_i звеньев причинно-следственной цепочки формирования аварийности в сравнении с эталонными (общероссийскими)			
$w_{N\ регион} \geq w_{N\ РФ}$	$w_{RA\ регион} \leq w_{RA\ РФ}$	Сравнение $w_{V\ регион}$ с $w_{V\ РФ}$ не проводится	$w_{D\ регион} \leq w_{D\ РФ}$
Основное внимание уделить повышению качества жизни людей (посредством автомобилизации)	Основное внимание уделить проблеме предотвращения ДТП в регионе	Неподконтрольный внешнему управлению процесс	Основное внимание уделить повышению скорости и качества медицинской помощи
С учетом итогов сравнения фактических значений «весов» ω_i звеньев региональных систем ОБДД с «весами»-аналогами, характерными для общероссийской системы.			

↓

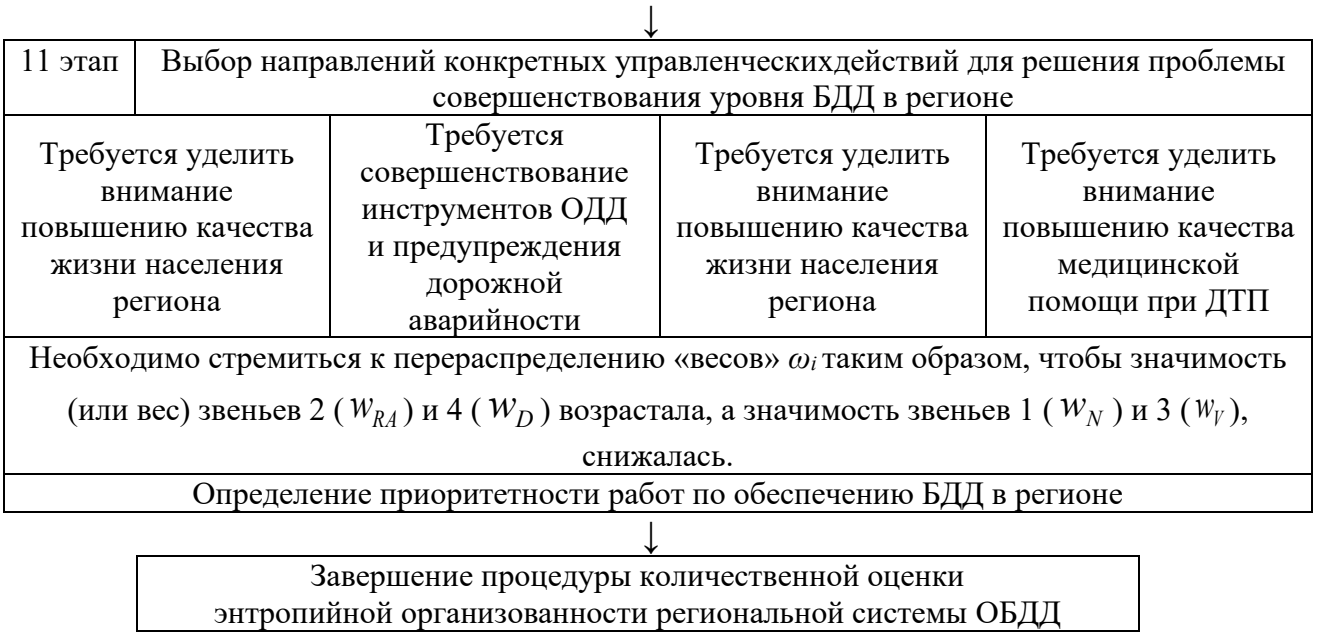


Рисунок 6.10 – Алгоритм базовой методики количественной оценки энтропийной организованности региональной системы ОБДД и уточнения специфики процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в субъекте РФ

Рассмотрим пример использования базового варианта данной Методики (рисунок 6.10) применительно к оценке энтропийной организованности региональной системы ОБДД в Республике Тыва ($H_{п\text{-}4\ БДД\ 2025}$ = 0,789) и выявлению специфической региональной проблематики (2025).

Первые 5-6 этапов действий – подготовительные и расчетные.

Итог 7 этапа использования Методики – определение значения $H_{п\ БДД\ Республика\ Тыва\ 2025}$ = 0,789, что идентифицирует высокий уровень $H_{п\ БДД}$ и относительно низкий уровень системной организованности в сфере ОБДД.

Итог 8-10 этапов Методики – сравнение относительного влияния («веса») w_i различных звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в Республике Тыва с общероссийскими аналогами (таблица 6.13).

Уточню, что сравнение регионального и общероссийского значений w_V не проводится по соображениям малозначимости данного звена и отсутствия возможности внешнего контроля данной характеристики и управления данным звеном цепочки. Специфика «болевой проблемы» сферы ОБДД Республики Тыва, определяется «весами» w_i различных звеньев процесса формирования БДД.

Таблица 6.13 – Сравнение относительного влияния («веса») w_i различных звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности (2025) и $H_{n\text{-}4\ БДД\ 2025}$ в Республике Тыва с общероссийскими аналогами (РФ)

Система ОБДД (2025)	Численные значения				
	«весов» звеньев цепочки				$H_{n\text{-}4\ БДД\ 2025}$
	w_N	w_{RA}	w_V	w_D	
Республика Тыва	0,131	0,570	0,058	0,241	0,789
Российская Федерация	0,084	0,630	0,030	0,256	0,688
Результат сравнения	$w_{N\ \text{регион}} > w_{N\ \text{РФ}}$	$w_{RA\ \text{регион}} < w_{RA\ \text{РФ}}$	Сравнение не проводится	$w_{D\ \text{регион}} < w_{D\ \text{РФ}}$	$H_{n\text{-}4\ БДД\ \text{регион}} > H_{n\text{-}4\ БДД\ \text{РФ}}$

11 этап – выработка управленческого решения. Необходимо стремиться к перераспределению «весов» ω_i системы ОБДД Тывы таким образом, чтобы значимость (или вес) звеньев 2 (w_{RA}) и 4 (w_D) возрастала, а значимость звеньев 1 (w_N) и 3 (w_V), снижалась. Высокое значение w_N (w_N = 0,131) определяется тем, что в Республике Тыва сравнительно низкий уровень автомобилизации в регионе (A_{2025} = 305 ТС/1000 чел.). Очевидно, что и высокое значение w_V (w_V = 0,058), соответствующее высокому уровню удельного числа пострадавших, приходящихся на одно среднестатистическое ДТП ($N_{\ постр./ДТП}$ = 1,69 чел./ДТП), является производной от автомобилизации *A*. Низкие тувинские, в сравнении с общероссийскими, значения w_{RA} и w_D определяются, соответственно, высоким уровнем вероятности ДТП для участников дорожного процесса (вероятность участия в ДТП в течение 2025 г. для среднестатистического жителя Республики Тыва $P_{ДТП}$ = 0,0017 случая/чел. в год) и низким качеством оказания системы скорой медицинской помощи (Тяжесть ДТП $Тяж._{ДТП}$ = 11,2 погибших/100 пострадавших в ДТП).

Таким образом, худший, по сравнению с общероссийским уровень организованности региональной системы ОБДД, определяется относительно более низким уровнем автомобилизации *A*, достаточно высокой вероятностью участия в ДТП, высоким показателем удельного числа пострадавших, приходящихся на среднестатистическое ДТП и относительно более низким показателем уровня

выживаемости участников ДТП. С другой стороны, если сравнить ситуацию в сфере организованности процессов ОБДД в Республике Тыва в 2025 г. с аналогичной ситуацией 2021 г., то можно констатировать, что за прошедшие годы ситуация изменилась к лучшему.

Это подтверждают данные таблицы 6.14.

Таблица 6.14 – Изменение (2025 /2021) «веса» w_i различных звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности и значения $H_{n\text{-}4\ БДД}$ в Республике Тыва

Год сравнения	Численные значения				
	«Веса» звеньев цепочки				$H_{n\text{-}4\ БДД}$
	w_N	w_{RA}	w_V	w_D	
2021	0,167	0,556	0,058	0,219	0,810
2025	0,131	0,570	0,058	0,241	0,789
Результат сравнения	↓	↑	=	↑	↓
Оценка качества действия	+	+	Без оценки	+	+
Вывод – в течение 2021…2025 гг. организованность региональной системы значительно выросла. Качество целевого управления БДД в регионе заслуживает высокой оценки.					

Конечно же, желательно проработать причины столь стремительного улучшения ситуации в сфере обеспечения БДД в Республике Тыва; понять, не сформирован ли этот результат удачным стечением обстоятельств.

Итог 8-11 этапов реализации данной методики – установление социально-экономической проблематики и полного набора необходимых действий по повышению уровня энтропийной организованности процессов ОБДД в регионе. В частности, изначально в Республике Тыва необходимо поднимать уровень качества жизни, что будет способствовать росту уровня автомобилизации. Однако в реальной жизни это медленный процесс, требующий инвестиций и времени реализации Программ по совершенствованию качества жизни в регионе (3 приоритет). Поэтому первично самое главное внимание (1 приоритет) уделить процессам реализации региональных Программ по совершенствованию организации и управлению БДД. В частности, это могут быть варианты совершенствования скоростных режимов движения потоков, оптимизации

использования дорожных знаков и дорожной разметки, организации наказания за нарушение требований ПДД. Второе по важности направление деятельности – работа по повышнию качества и скорости оказания первой медицинской помощи по факту ДТП (2 приоритет). Слабоуправляемый процесс – оказание внешнего влияния на число пострадавших в ДТП. Этот показатель связан с качеством жизни, но косвенно. Аналогичную аналитику можно провести в отношении систем ОБДД любого конкретного региона РФ.

Разумеется и анализа структурных особенностей дорожно-транспортной аварийности в городах (т.е. для оценки качества структур городских систем ОБДД) требуется аналогичная методика. Данная методика должна быть адаптирована к трехзвенном (*Н-3.2*) подходу идентификации величины $H_{n\ БДД}$ и является вариацией методики, представленной выше для региональных систем ОБДД.

Городская модификация методики оценки системной организованности процессов ОБДД представлена виде следующего алгоритма (рисунок 6.11).



↓

5 этап	Определение особенностей структуры весовых коэффициентов w_i для оценки вклада Q элементов цепочки «Население – <…> – Число погибших в ДТП» в формирование итогового результата

↓

6 этап	Расчет, с учетом значений Q_i и w_i численного значения региональной абсолютной H_i и относительной энтропии Hn_i системы ОБДД в городе, рассчитанного по трехзвенному механизму: $H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i ; \quad H_n = H/H_{\max} = H/\ln(n)$, где $n = 3$ (3 звена причинно-следственной цепочки).
	Формулирование выводов о фактическом уровне системной организованности городской системы ОБДД

↓

7 этап	Определение классификационного места городской системы ОБДД в общероссийской классификации, определенной для городов-региональных центров	
Возможные варианты значения ($H_{n\text{-}3.2\ БДД}$), рассчитанного по 3-х-звенной методике (для 2025 г.)		
Значение $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ $H_{n\text{-}3.2\ БДД} \le 0{,}600$	Значение $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ $0{,}600 < H_{n\text{-}3.2\ БДД} \le 0{,}650$	Значение $H_{n\text{-}3.2\ БДД}$ $H_{n\text{-}3.2\ БДД} > 0{,}650$
Относительно высокий (для 2025 г.) уровень организованности городских систем ОБДД	Средний (для 2025 г.) уровень организованности городских систем ОБДД	Относительно низкий (для 2025 г.) уровень организованности городских систем ОБДД

↓

8 этап	Определение в общем виде специфики «болевой проблемы» города в сфере ОБДД последством анализа относительного веса ω_i звеньев информационной передачи.
	Формулирование выводов о специфике городской системы ОБДД.

↓

9 этап	Сравнение специфических городских значений «веса» ω_i со базовыми значениями ω_i.	
	Формулирование выводов о муниципальной специфике в сфере ОБДД	
Возможные варианты в сравнении с целевой базовой спецификой значений ω_i.		
Значения ω_i, характерные в целом для системы ОБДД Москвы (целевой базовый уровень) в 2025 г.		
$w_{RA} = 0{,}673$	$w_V = 0{,}013$	$w_D = 0{,}314$
По факту сравнения ω_i со значениями уточняется и конкретизируется специфика «болевой проблемы» города в сфере ОБДД и формулируется вывод о необходимости конкретных действий.		

↓

10 этап	Формулирование выводов о городской специфике организованности системы ОБДД и выбор соответствующего инструментария решения задачи по повышению организованности региональной системы ОБДД с учетом сравнения муниципальных «весов» ω_i в сравнении с целевыми базовыми значениями ω_i.
Возможные (для 2025 г.) варианты для значений величины региональных «весов» ω_i, рассчитанных по 3-х-звенной методике ($H_{n\text{-}3.2\ БДД}$).	

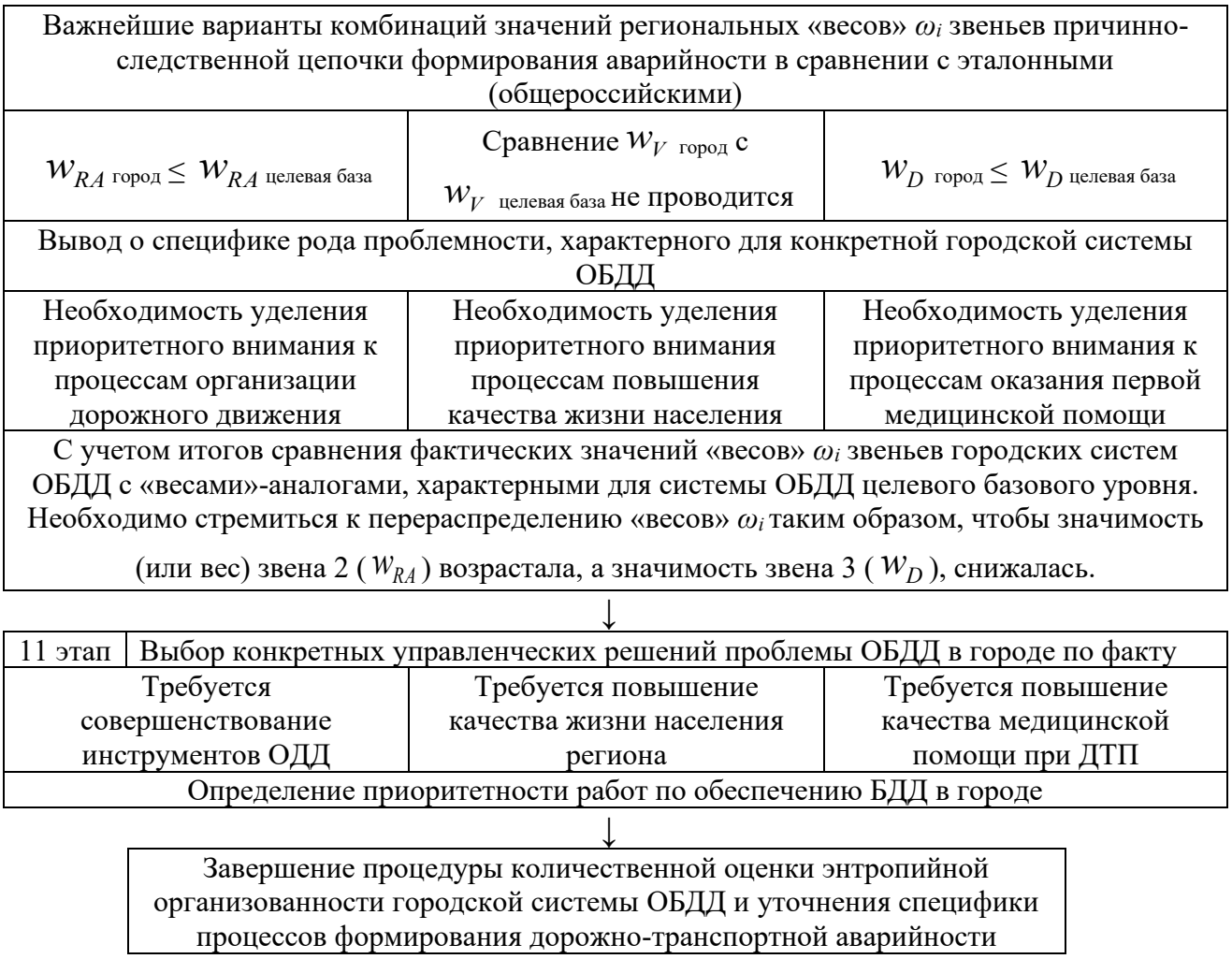


Рисунок 6.11 – Алгоритм базовой методики по оценке энтропийной организованности городских процессов ОБДД

Рассмотрим пример использования базового варианта данной Методики (рисунок 6.11) применительно к оценке энтропийной организованности городской системы ОБДД в г. Тюмень ($H_{n\text{-}3.2\ БДД\ 2025}$ = 0,691) и выявлению специфической проблематики ОБДД в городе (2025).

Первые 5 этапов действий – подготовительные и расчетные.

Итог 6-7 этапов использования Методики – определение значения $H_{n\ БДД\ Тюмени\ 2025}$ = 0,691, что идентифицирует высокий уровень $H_{n\ БДД}$ и низкий уровень системной организованности в сфере ОБДД.

Итог 8-9 этапов Методики – сравнение относительного влияния («веса») w_i различных звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в г. Тюмень (таблица 6.15). Установлена специфика «болевой проблемы» сферы

ОБДД Тюмени, определяемая («весами») w_i различных звеньев процесса формирования БДД. Для Тюмени это звено «Население – ДТП».

Таблица 6.15 – Сравнение относительного влияния («веса») w_i различных звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности (2025) в Тюмени с целевым базовым уровнем (Москва)

Система ОБДД (2025)	Численные значения			
	«весов» звеньев цепочки			$H_{n\text{-}3\ БДД\ 2025}$
	w_{RA}	w_V	w_D	
Тюмень	0,607	0,024	0,370	0,691
Москва	0,673	0,013	0,315	0,628
Результат сравнения	$w_{RA\ \text{город}} <$ $< w_{RA\ \text{Москва}}$	Сравнение не проводится	$w_{D\ \text{город}} >$ $> w_{D\ \text{Москва}}$	$H_{n\text{-}3\ БДД\ \text{Тюмень}} >$ $> H_{n\text{-}3\ БДД\ \text{Москва}}$

Сравнение городского и целевого базового значений w_V не проводится по соображениям малозначимости данного звена и отсутствия возможности внешнего контроля данной характеристики и управления данным звеном цепочки.

Вывод по итогам реализации 10-11 этапов Методики: необходимо стремиться к перераспределению «весов» ω_i системы ОБДД Тюмени таким образом, чтобы значимость (или вес) звена 1 (w_{RA}) возрастала, а значимость звена 3 (w_D), снижалась.

Относительно низкое значение w_{RA} ($w_{RA} = 0{,}607$) системы обеспечения БДД Тюмени определяется тем, что в Тюмени очень высокая вероятность участия в ДТП ($P_{ДТП\ 2025\ Тюмень} = 0{,}0023$ случая / чел. в год). Для сравнение – в Москве $P_{ДТП\ 2025\ Москва} = 0{,}0006$ случая / чел. в год. Разница – четырехкратная и не в пользу Тюмени.

В свою очередь для системы обеспечения БДД Тюмени характерна специфика значительно более качественного звена «Пострадавшие в ДТП – Погибшие в ДТП», что может означать как высокий уровень качества пассивной безопасности парка ТС Тюмени, так и идентифицировать качественную систему организации спасения жизней потерпевших (качественная система оказания первой медицинской помощи).

Причины формирования «узкого» места в цепочке «Население - <…> - Погибшие в ДТП» системы обеспечения БДД Тюмени рассматривались подробно в главе 5 в разделах 5.2.4 и 5.2.5.

6.9. Программная реализация Методик оценки энтропийной организованности системных процессов ОБДД

Удобство пользования Методиками, представленными в разделе 6.8 определяется возможностями автоматизации процессов расчетов значений $H_{n\ БДД}$, классифицирования изучаемых на предмет структурного качества систем ОБДД, выявления их уникальной специфики.

С целью программной реализации результатов оценки степени организованности систем ОБДД были разработаны два программных продукта, представленных ниже.

6.9.1. Прикладной Web-сервис по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов ОБДД

Разработка прикладного Web-сервиса, основанного на методиках, представленных в разделе 6.8, проводилась А.И. Петровым. Пользовательские окна приведены PC-программы, реализующей алгоритмы, представленные в разделе 6.8, приведены в Приложении 7.

При создании программы в качестве языка программирования был использован мультипарадигменный язык программирования TypeScript – высокоуровневый язык программирования, который добавляет статическую типизацию поверх JavaScript и транспилируется в JavaScript. JavaScript обычно применяется как встраиваемый язык для программного доступа к объектам приложений. Наиболее широкое применение он находит в браузерах как язык сценариев для придания интерактивности веб-страницам. Также использовалась React – фронтенд-библиотека JavaScript’а, предназначенная для построения пользовательских интерфейсов. Выбор языка программирования JavaScript в

качестве приоритетного был обоснован желанием перевести программу по автоматизированному расчету величины Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ систем ОБДД в максимально доступный вариант – для использования на любом PC с интернет-доступом, на смартфонах и т.д.

По ссылке в Яндексе https://road-safety-entropy-method.github.io/#/ [447] любой интернет пользователь может зайти в программное приложение Web-сервиса «Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем обеспечения безопасности дорожного движения».

Скриншот главной страницы пользовательского окна Web-сервиса для определения величины Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ процессов ОБДД в регионе (городе) РФ представлен на рисунке 6.12.

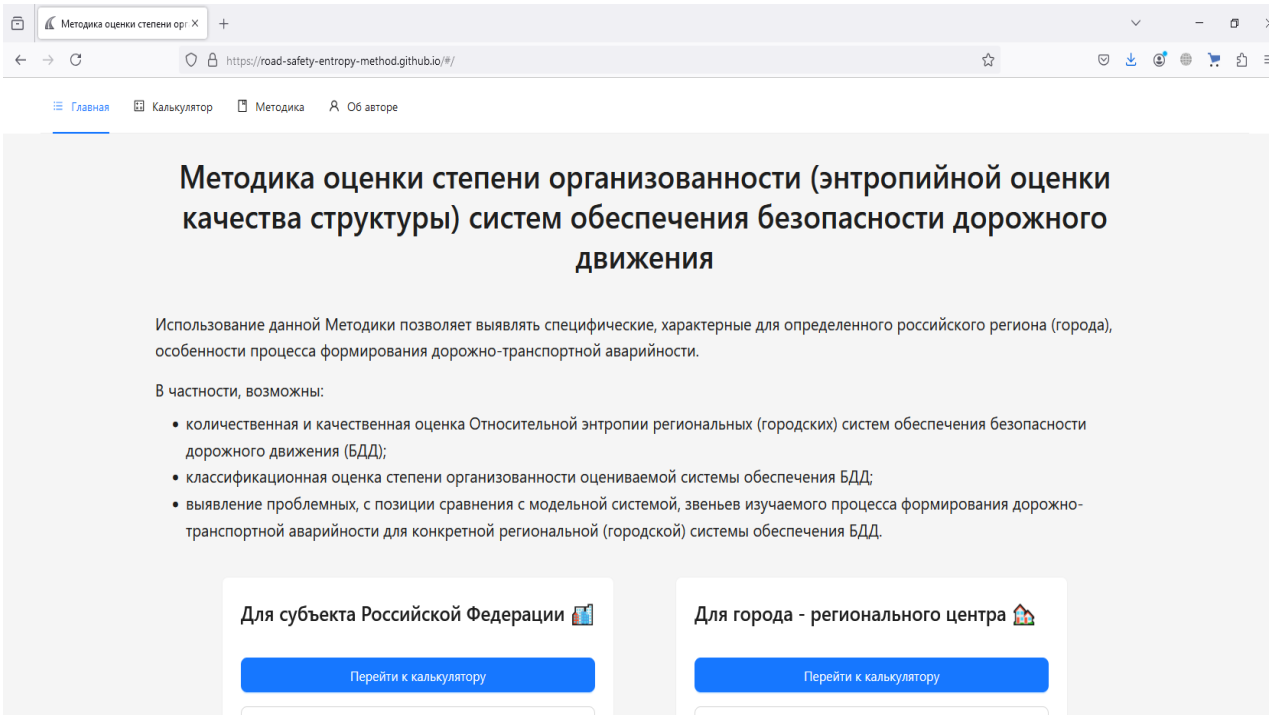


Рисунок 6.12 – Визуальный вид главной страницы Web-сервиса для определения величины Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ процессов ОБДД в регионе (городе) РФ https://road-safety-entropy-method.github.io/#/ [447]

Т.к. для региональных и городских систем ОБДД использованы различные подходы к определению величины $H_{n\ БДД}$ (($H_{n\text{-}4\ БДД}$) и ($H_{n\text{-}3.2\ БДД}$) соответственно), то пользовательское окно программы настроено на выбор варианта расчета из двух возможных: для субъекта РФ и города-регионального центра субъекта РФ.

Сервис позволяет просмотреть как методику (2 варианта – для региональных и городских систем ОБДД), так и непосредственно воспользоваться для расчета величины $H_{n\ БДД}$ калькулятором.

На рисунке 6.13 представлен скриншот страницы с примером расчета величины Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ системы ОБДД Тюменской области (2025) по методике ($H_{n\text{-}4\ БДД}$).

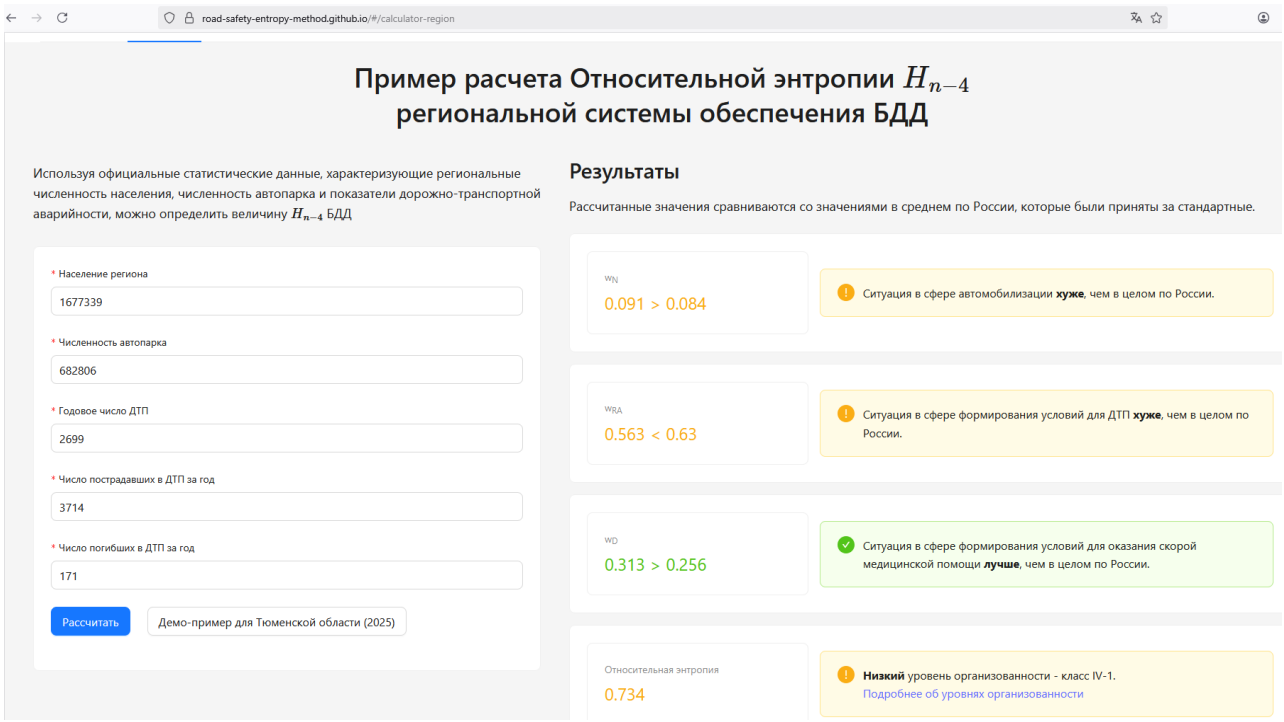


Рисунок 6.13 – Визуальный вид пользовательской страницы https://road-safety-entropy-method.github.io/#/calculator-region (вариант методики $H_{n\text{-}4\ БДД}$ для региональных систем ОБДД) [447]

В левой части пользовательской страницы вводятся исходные данные.

В правой части страницы сервис представляет как итог расчета регионального значения $H_{n\ БДД}$ по методике ($H_{n\text{-}4\ БДД}$), так и результаты аналитики структуры процесса аварийности. Так, для системы ОБДД Тюменской области в 2025 г. характерна (в сравнении со среднероссийской ситуацией) достаточно благополучная ситуация в сфере автомобилизации обеспечения спасения жизней пострадавших в ДТП (звено 4 цепочки), но весьма проблемная ситуация в сфере формирования условий для ДТП (звено 2 цепочки) и уровня автомобилизации (звено 1 цепочки). Здесь же представлена количественная оценка энтропийной

организованности региональной системы ($H_{n\ БДД}$ = 0,734) и результаты классифицирования региональной системы ОБДД по уровню энтропийной организованности. Для системы ОБДД Тюменской области это – низкий уровень организованности (класс IV-1). Данный вывод сделан с учетом данных классификации региональных систем ОБДД по уровням системной организованности (таблица 6.16).

Таблица 6.16 – Классификация региональных систем ОБДД по уровням системной организованности (2025). Система оценок ($H_{n\text{-}4\ БДД}$)

Диапазоны значений $H_{n\text{-}4\ БДД}$							
< 0,625	0,625…0,650	0,651…0,675	0,676…0,700	0,701…0,725	0,726…0,750	0,751…0,775	> 0,775
Число городов-региональных центров субъектов РФ							
3	4	5	10	16	26	13	3
Энтропийная классификация городов-региональных центров РФ по величине $H_{n\ БДД}$							
Очень высокий уровень организованности – класс I	Высокий уровень организованности БДД – класс II		Средний уровень организованности БДД – класс III		Низкий уровень организованности БДД – класс IV		Очень низкий уровень организованности – класс V
	подкласс II-1	подкласс II-2	подкласс III-1	подкласс III-2	подкласс IV-1	подкласс IV-2	

Аналогичные возможности заложены в Web-сервис и для идентификации проблематики специфики процессов формирования дорожной аварийности в конкретных городах РФ.

На рисунке 6.14 представлен скриншот страницы с примером расчета величины Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ системы ОБДД Тюмени (2025) по методике ($H_{n\text{-}3.2}$).

В левой части пользовательской страницы вводятся исходные данные.

В правой части страницы сервис представляет как итог расчета характерного городского значения $H_{n\ БДД}$ по методике ($H_{n\text{-}3.2\ БДД}$), так и результаты аналитики структуры процесса аварийности в конкретном городе. В частности, для городской системы ОБДД Тюмени характерен низкий уровень организованности (класс IV-2).

Причины этого представлены в главе 5 (разделы 5.2.4 и 5.2.5) данной диссертации. Проблемное место системы ОБДД Тюмени – формирование условий для предотвращения ДТП (звено 1 причинно-следственной цепочки формирования аварийности $H_{n\ БДД}$).

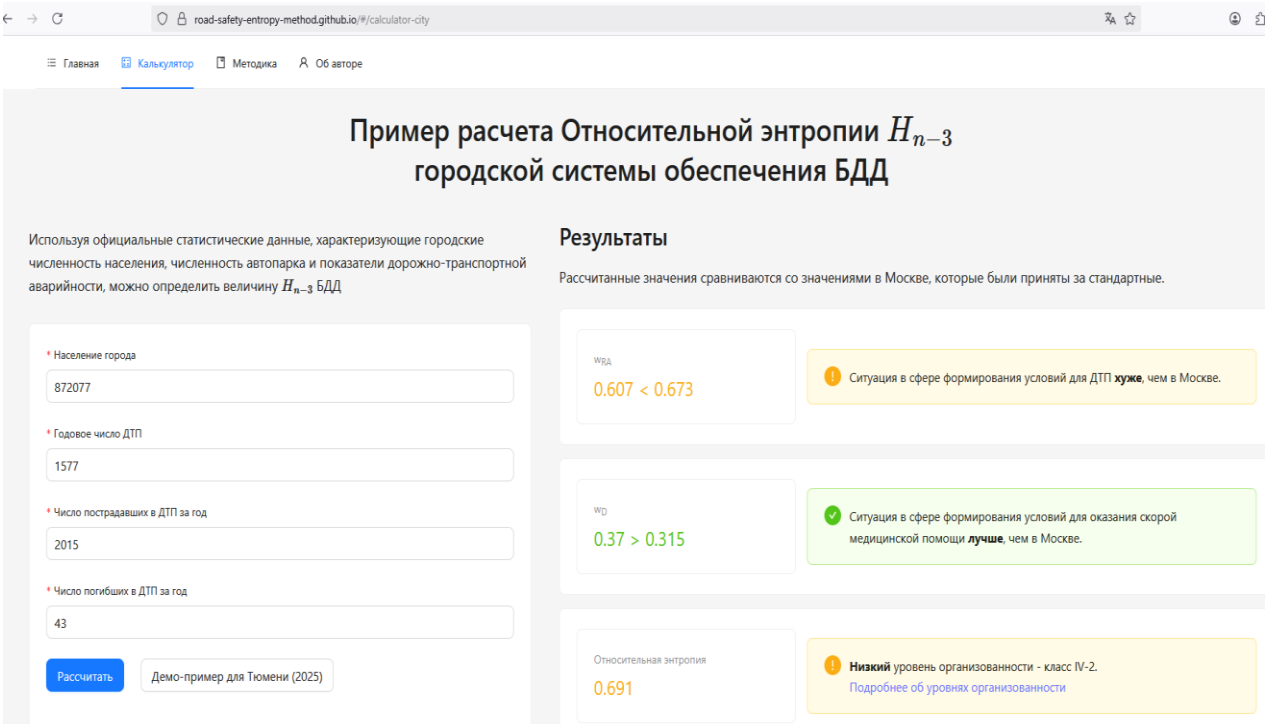


Рисунок 6.14 – Визуальный вид пользовательской страницы
https://road-safety-entropy-method.github.io/#/calculator-city
(вариант методики ($H_{n\ БДД}$-*3.2*) для городских систем ОБДД) [447]

С другой стороны, звено 3 «Пострадавшие в ДТП – Погибшие в ДТП» цепочки, характеризующей систему ОБДД Тюмени функционирует на более высоком уровне, чем это определяется целевым базовым уровнем.

В Web-сервисе также представлены непосредственно Методики (для региональных и городских систем ОБДД) расчета величины $H_{n\ БДД}$ (раздел 6.8), позволяющие пользователю сервиса разобраться в сути выполняемых алгоритмов действий.

В таблице 6.17 представлена классификации городских систем обеспечения БДД по уровням системной организованности (2025). Различие между данной классификацией и классификацией табл. 6.16 (для региональных систем ОБДД)

определяется числом звеньев причинно-следственной цепочки и различием в методиках определения величины $H_{n\ БДД}$.

Таблица 6.17 – Классификация городских систем ОБДД по уровням системной организованности (2025). Система оценок ($H_{n\text{-}3\ БДД}$)

<table>
<tr><td colspan="8">Диапазоны значений $H_{n\text{-}3\ БДД}$</td></tr>
<tr><td>< 0,550</td><td>0,550…0,575</td><td>0,576…0,600</td><td>0,601…0,625</td><td>0,626…0,650</td><td>0,651…0,675</td><td>0,676…0,700</td><td>> 0,700</td></tr>
<tr><td colspan="8">Число городов-региональных центров субъектов РФ</td></tr>
<tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>10</td><td>16</td><td>26</td><td>13</td><td>3</td></tr>
<tr><td colspan="8">Энтропийная классификация городов-региональных центров РФ по величине $H_{n\ БДД}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Очень высокий уровень организованности – класс I</td><td colspan="2">Высокий уровень организованности БДД – класс II</td><td colspan="2">Средний уровень организованности БДД – класс III</td><td colspan="2">Низкий уровень организованности БДД – класс IV</td><td rowspan="2">Очень низкий уровень организованности – класс V</td></tr>
<tr><td>подкласс II-1</td><td>подкласс II-2</td><td>подкласс III-1</td><td>подкласс III-2</td><td>подкласс IV-1</td><td>подкласс IV-2</td></tr>
</table>

6.9.2. Прикладной Web-сервис по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД и энтропийной организованности системных процессов ОБДД субъектов Российской Федерации (2004…2023)

В качестве общепользовательского и доступного широким кругам общественности можно рассматривать сервис «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России и количественная оценка уровня Относительной энтропии H_n региональных систем ОБДД» [448]. Данный сервис разработан сотрудниками кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Тюменского индустриального университета А.И. Петровым и А.А. Фадюшиным. Данный сервис основан на использовании возможностей Yandex DataLens^{Public} – бесплатного инструмента для визуализации и анализа данных от Yandex Cloud [449]. Основное назначение Yandex DataLens^{Public} – быстрое создание наглядных графиков и дашбордов.

На начальном этапе работы (осень 2023) был проведен этап визуализации данных, характеризующих численные значения показателей дорожной

аварийности применительно к регионам РФ в контексте 2004…2014 гг. Позже (осень 2024) эта работа была проведена для данных 2015…2023 гг. Возможности сервиса представлены на рисунках 6.15…6.19.

Выбирая в правой части страницы (рисунок 6.15) тот или иной показатель БДД из числа предложенных («Число ДТП», «Число пострадавших в ДТП», «Число погибших в ДТП», «Социальный риск *HR*», «Транспортный риск *TR*», «Масштабность ДТП», «Тяжесть ДТП», «Относительная энтропия H_n-*4* систем ОБДД», пользователь сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России и количественная оценка уровня Относительной энтропии H_n региональных систем ОБДД» [511] может получить иерархически расположенные региональные данные.

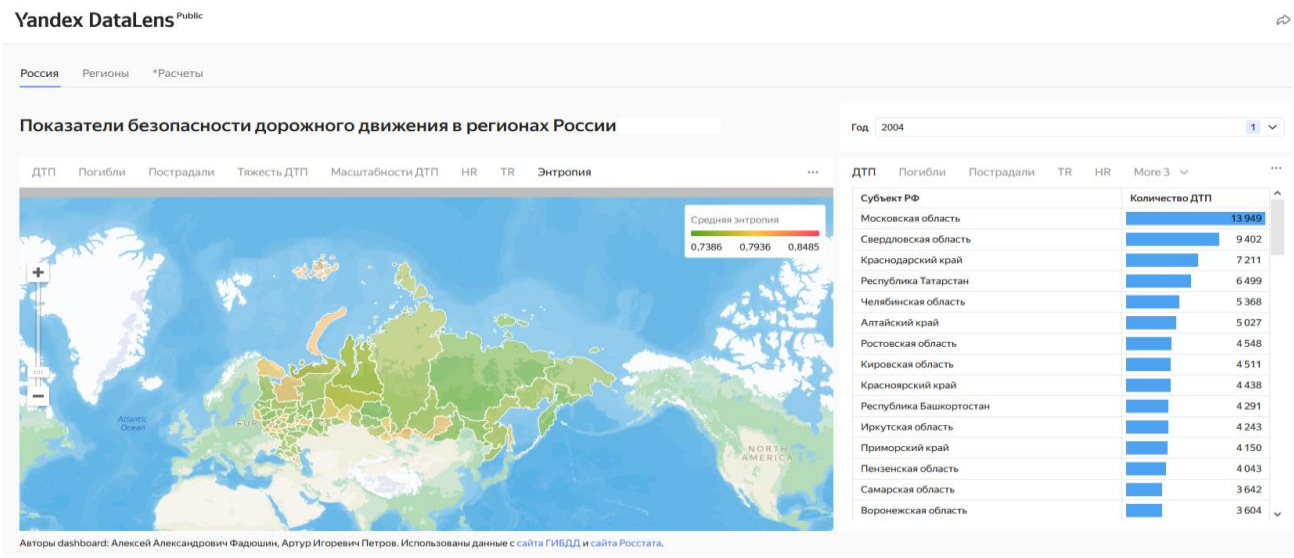


Рисунок 6.15 – Визуальный вид титульной страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» [448] Титульная страница

Например, для показателя «Годовое число погибших в ДТП в 2004 г.» максимальное региональное значение характерно для Московской области (2994 чел). Пример пользования данным сервисом приведен на рисунке 6.16. Аналогичным образом, можно найтив сервисе данные по разным показателям БДД и для разных регионов страны. На рисунке 6.17 приведен пример визуализации показателя «Социальный риск *HR*-2004».

Для сравнения представлю аналогичные страницы сервиса с данными по 2023 г. (рисунки 6.18 и 6.19).

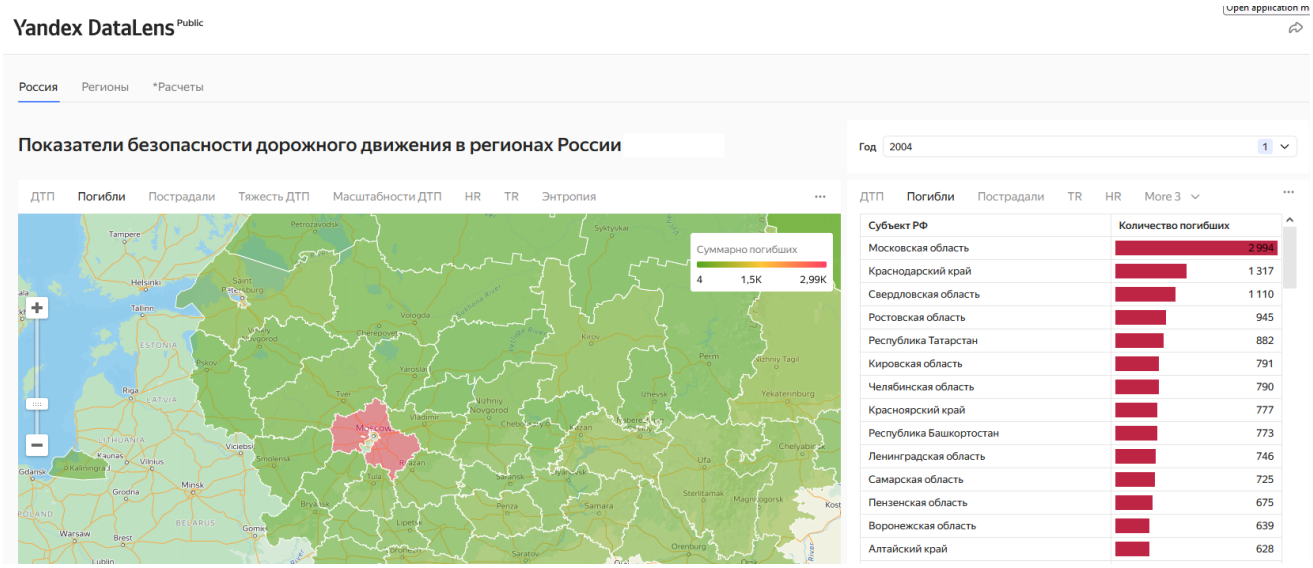


Рисунок 6.16 – Визуальный вид страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» с идентификацией годового числа погибших в региональных ДТП в 2004 г. [448]

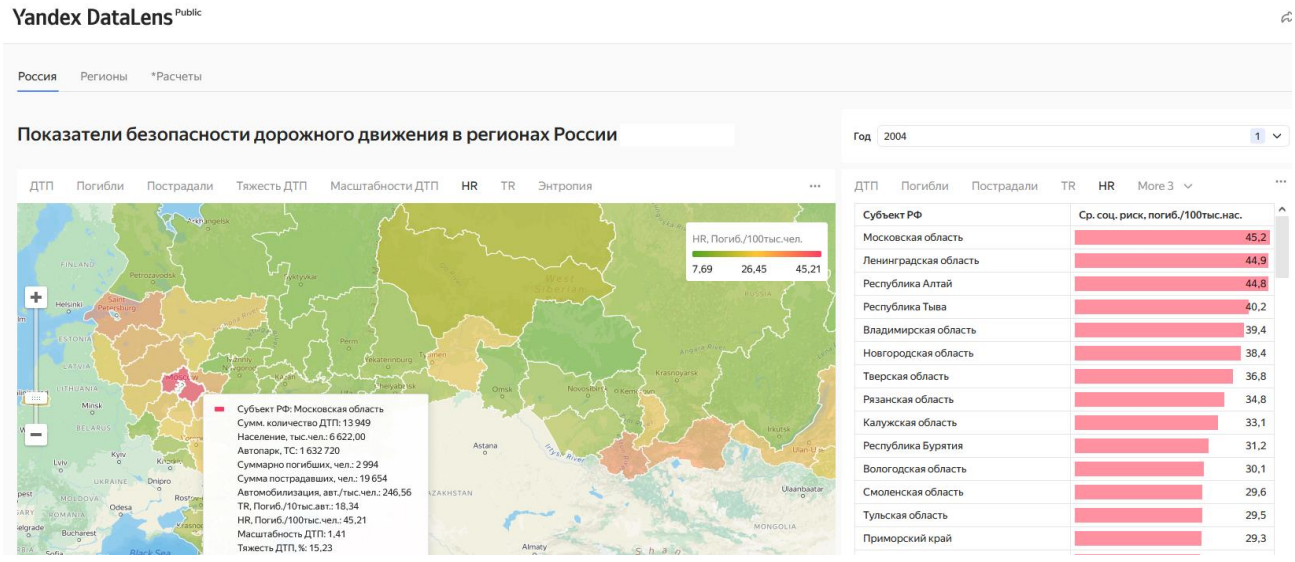


Рисунок 6.17 – Визуальный вид страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» с идентификацией региональных значений Социального риска *HR* в 2004 г. [448]

Главная задача разработки данного сервиса – автоматизированный расчет и визуализации региональных значений показателя «Относительная энтропия $H_{n\ БДД}$ систем ОБДД». Региональные значения данного показателя БДД также

рассчитываются автоматически и выводятся на экран в виде картограммы / диаграммы (рисунок 6.20).

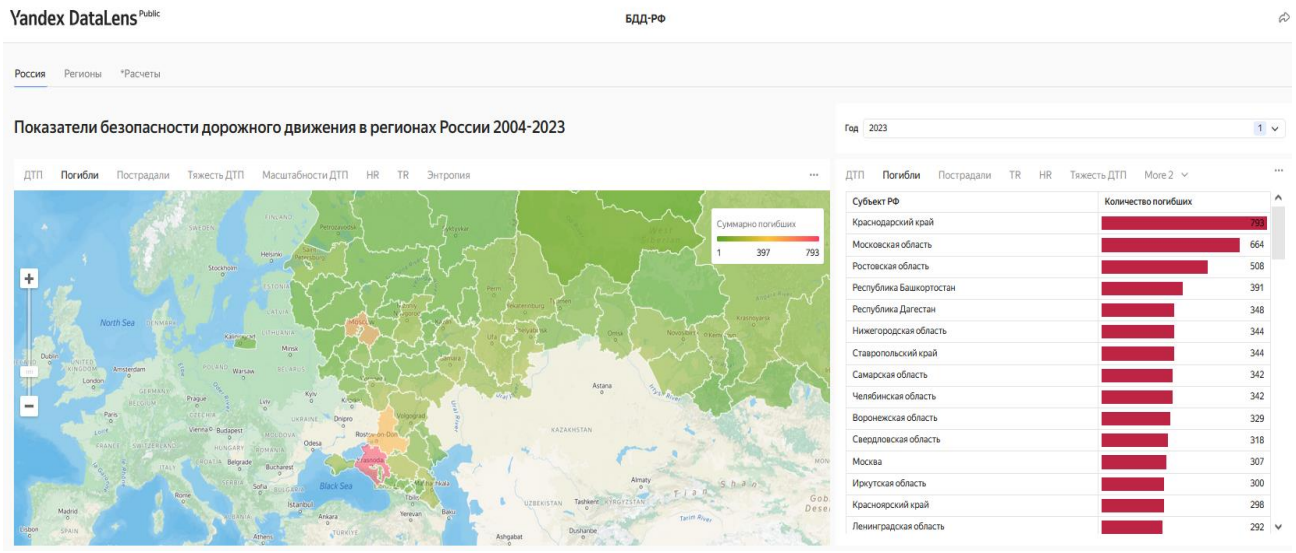


Рисунок 6.18 – Визуальный вид страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» с идентификацией годового числа погибших в региональных ДТП в 2023 г. [448]

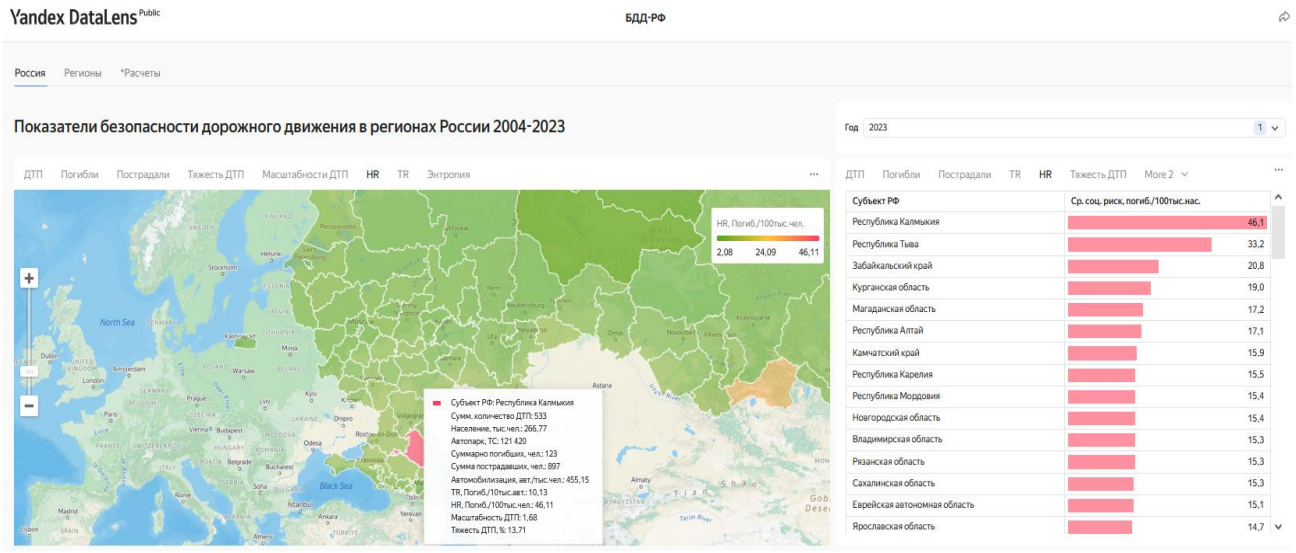


Рисунок 6.19 – Визуальный вид страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» с идентификацией региональных значений Социального риска *HR* в 2023 г. [448]

Для данных 2004 г. максимальное региональное значение Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ региональных систем ОБДД было зафиксировано в Чеченской республике ($H_{n\ БДД\ 2004}$ = 0,849 ≈ 0,85). Достаточно близкие к максимуму значения Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ региональных систем были определны для

Брянской области, Карачаево-Черкесской Республики, Республики Ингушетия, Республики Тыва.

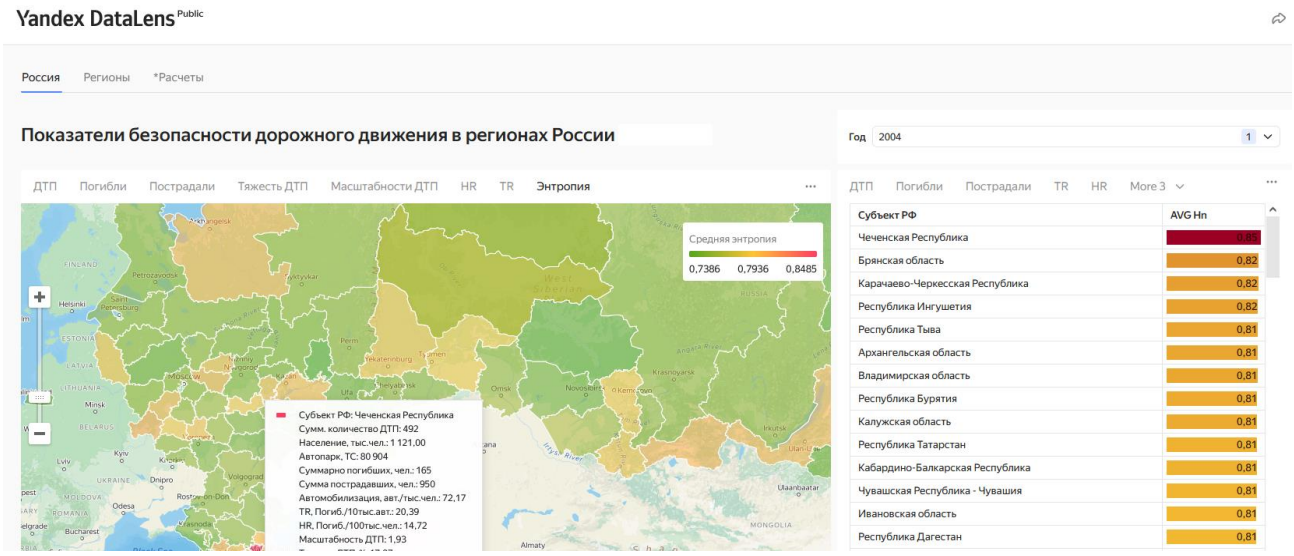


Рисунок 6.20 – Визуальный вид страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» с идентификацией региональных значений Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ в 2004 г. [448]

На рисунке 6.21 представлен скриншот страницы сервиса с визуализацией значений Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ региональных систем в 2023 г.

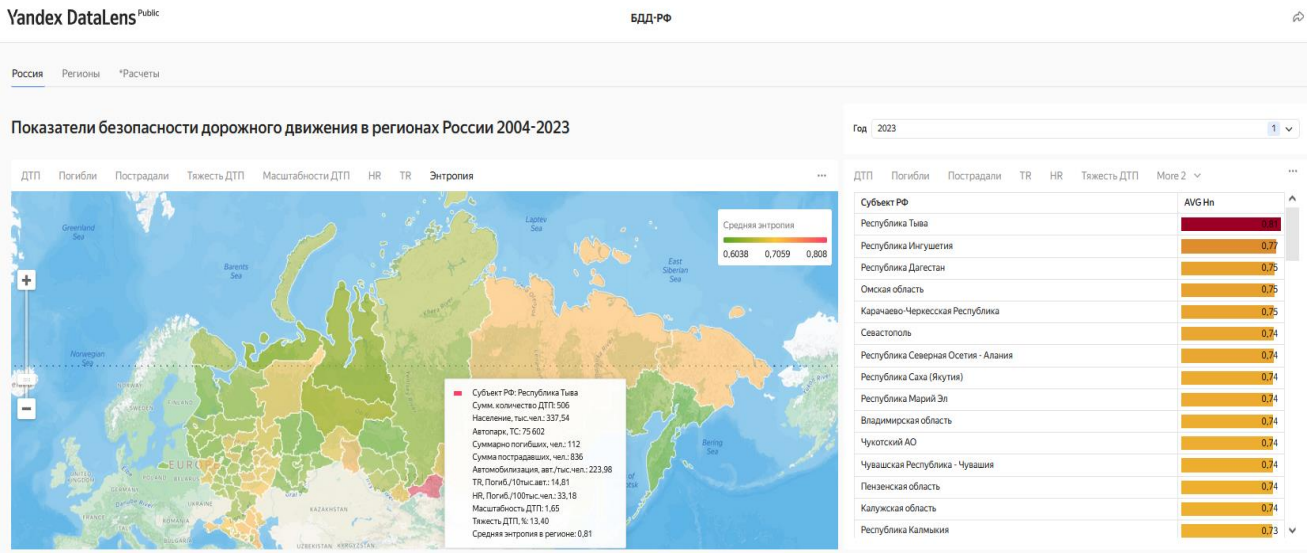


Рисунок 6.21 – Визуальный вид страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» с идентификацией регинальных значений Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ в 2023 г. [448]

По прошествии 20 лет (2004…2023 гг.) ситуация в сфере организованности российских региональных систем ОБДД, конечно же изменилась в большинстве

регионов РФ в лучшую сторону. По данным 2023 г. значение Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$, характерное для региональной системы ОБДД в Чеченской Республике $H_{n\ БДД\ 2023}$ = 0,675), что показывает очень внушительный рост организованности в сфере БДД. Однако не во всех регионах страны организованность систем ОБДД повысилась. В ряде регионов РФ, например в Республике Тыва, многолетняя динамика изменения Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$ региональной системы ОБДД крайне слаба ($H_{n\ БДД\ 2004}$ = 0,815; $H_{n\ БДД\ 2023}$ = 0,808). На рисунке 6.21 хорошо визуализируется особое положение в сфере организованности региональных систем обеспеевния БДД именно в отношении Республики Тыва (2023 г.).

Кроме того, сервис Yandex DataLens[Public] «Показатели безопасности дорожного движения в регионах России» позволяет выводить всю сводную информацию по всем анализируемым показателям для конкретного региона РФ на отдельную страницу. Например, для системы ОБДД Московской области эта страница выглядит следующим образом (рисунок 6.22).

Немаловажно, что сервис «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» общедоступен по интернет-ссылке https://datalens.yandex/t2506m9i5n0si [448].

Для более детального ознакомления с динамикой (2004…2023 гг.) изменения значений различных показателей БДД в двух регионах-антиподах – Республике Тыва и Чеченской республике диаграммы показателей, характеризующие динамику БДД в этих субъектах РФ, представлены в Приложении 8.

Анализируя данные Приложения 8 легко понять, почему Республика Тыва и Чеченская республика названы регионами-антиподами. В Чеченской республике наблюдается очень серьезная положительная динамика практически всех показателей БДД. Для Республики Тыва ситуация протиположная – за прошедшие 20 лет показатели БДД изменяются крайне медленно (за исключением 2025 г,, когда практически все значения абсолютных показателей резко снизились). По сути, можно констатировать статичность ситуации в сфере ОБДД в Республике

Тыва (за исключением 2025 г., что можно рассматривать как исключение из общего правила).

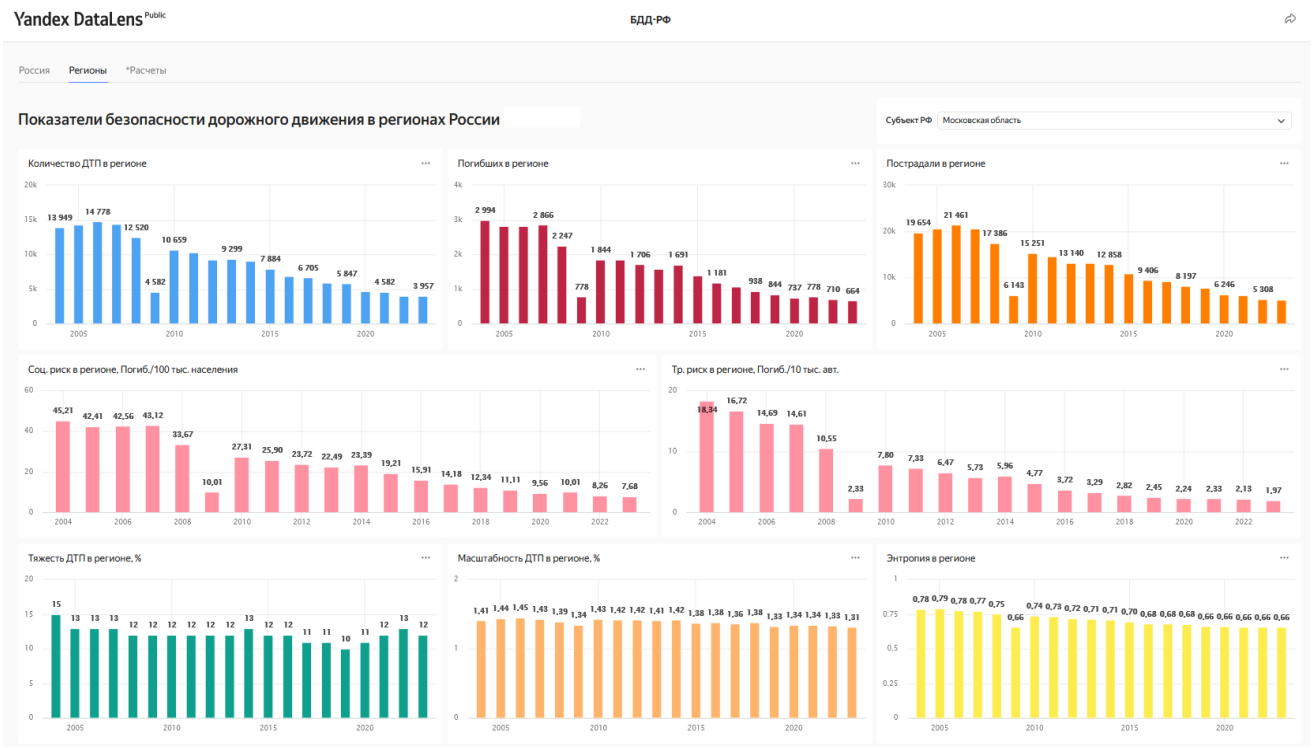


Рисунок 6.22 – Визуальный вид страницы сервиса «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» с идентификацией сводных значений различных показателей БДД для конкретного региона РФ. Пример – Московская область [448]

На представленные в данном разделе Web-сервисы получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, представленные в Приложении 9.

6.10. Рекомендации по совершенствованию принципов организации городских систем управления БДД с учетом уровня их организованности

В рамках данного раздела речь пойдет, прежде всего, о совершенствовании функционирования светофорных систем, т.е. о городских системах ОБДД.

Согласно данной классификации таблицы 6.17 все системы ОБДД городов-региональных центров субъктов РФ можно разделить на 5 классов (классы I…V). Три из них (II… IV) структурно состоят из двух подклассов (с учетом этого классификация предполагает 8 различных групп организованности систем ОБДД).

Однако при разработке рекомендаций по оптимизации городских систем светофорного регулирования необходимо учитывать, что система рекомендаций должна быть максимально простой и удобной для реализации.

Для группы городов со средним уровнем системной организованности ($H_{п\ БДД}$ = 0,601…0,650), главная рекомендация, пожалуй, может быть сформулирована просто и незатейливо – *оставить все как есть*, *глобальные изменения не инициировать,* однако продолжать мониторить динамику изменений в сфере БДД, анализировать текущие тренды и отслеживать критические моменты в организации и управлении БДД в динамике.

А вот для систем ОБДД городов, относящихся к крайним группам, рекомендации будут диаметрально противоположными.

Для городов с высоким ($H_{п\ БДД} \leq 0{,}600$) и низким ($H_{п\ БДД} \geq 0{,}651$) уровнями системной организованности в сфере БДД необходимо самое пристальное внимание уделить первому и третьему – особо критическим – звеньям причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности (Звено 1 «Население – Число ДТП» и Звено 3 «Число пострадавших – Число погибших», потому что именно специфика этих звеньев цепочки максимально значимо влияет на уровень $H_{п\ БДД}$.

Для городов с высокой организованностью систем ОБДД ($H_{п\ БДД} \rightarrow min$) характерно сравнительно низкое значение вероятности участия в ДТП (значение переходного коэффициента K_1) и наоборот, высокое значение тяжести последствий ДТП (значение переходного коэффициента K_3).

Для городов с низкой организованностью систем ОБДД ($H_{п\ БДД} \rightarrow max$), наоборот, характерно сравнительно высокое значение вероятности участия в ДТП (значение переходного коэффициента K_1) и низкое значение тяжести последствий ДТП (значение переходного коэффициента K_3).

Таким образом, природа дорожной аварийности в городах, относящихся к различным классам организованности систем ОБДД, принципиально различна и противоположна по своей сути. Противоположными должны быть и политики организации дорожного движения и ОБДД.

В городах, системы ОБДД которых характеризуются сравнительно высокой организованностью ($H_{п\ БДД} \leq 0{,}600$) необходимо:

- всячески снижать скорости движения транспортных средств, усложнять системы светофорного регулирования (увеличивать число фаз в цикле, увеличивать в разумных пределах время светофорного цикла) с целью снижения скоростей движения (и снижения величины переходного коэффициента K_1 и относительного «веса» звена 1 w_{RA} «Население – Число ДТП»);

- совершенствовать систему оказания первой медицинской помощи и всячески противодействовать эксплуатации транспортных средств с низким уровнем пассивной безопасности (с целью снижения величины переходного коэффициента K_3 и относительного «веса» w_D звена 3 «Число пострадавших – Число погибших»).

В городах, системы ОБДД которых характеризуются сравнительно низкой организованностью ($H_{п\ БДД} \geq 0{,}651$) необходимо:

- напротив, упрощать системы светофорного регулирования (снижать число фаз в цикле, разумно снижать фактическое ныне время светофорного цикла) с целью снижения эмоционального напряжения у участников дорожного движения (и повышения величины переходного коэффициента K_1 и относительного «веса» w_{RA} звена 1 «Население – Число ДТП»);

- фиксировать систему оказания первой медицинской помощи в ее текущем состоянии и перенести акценты внимания, прежде всего, на профилактику аварийности.

Общие рекомендации по организации дорожного движения, выбору схем светофорного регулирования и длительности светофорного цикла могут быть следующими.

1. На простых перекрестках улиц шириной до 7,5 м (двухполосные) далеко не всегда требуются светофорные объекты (необходимо учитывать рекомендации п. 7.2.1 ГОСТ Р 52289-2019 [221]). Вполне можно обойтись дорожными знаками 2.1 «Главная дорога» и 2.4 «Уступи дорогу».

2. Режим работы светофорных объектов на простых перекрестках улиц шириной до 7,5 м (двухполосные) только двухфазный общей длительностью цикла $T_ц \leq 60$ с. Фазовые коэффициенты должны соответствовать пропорциям распределения интенсивности движения по направлениям (например, 60 % : 40 % или 36 с. : 24 с. для $T_ц = 60$ с.).

3. Режим работы светофорных объектов на перекрестках городских УДС, характеризуемых шириной до 15 м (четырехполосные улицы) может быть трех- или четырехфазным общей длительностью цикла $T_ц \approx 70…100$ с. с выделением пешеходной фазы длительностью до 18…22 с. Фазовые коэффициенты должны соответствовать пропорциям распределения интенсивности движения по направлениям (например, 40% : 30% : 10% : 20% или 36 с. : 27 с. : 9 с. : 18 с. для $T_ц = 90$ с. Здесь 18 с. – длительность пешеходной фазы. При $V_{пеш} = 1,2$ м/с расстояние 15 м преодолевается за 12,5 с.).

4. Режим работы светофорных объектов на сложных перекрестках улиц шириной до 20…24 м (пяти-шестиполосные) может быть четыре-пятифазный общей длительностью цикла $T_ц \approx 110…150$ с. с выделением пешеходной фазы длительностью до 24…28 с. Фазовые коэффициенты также должны соответствовать пропорциям распределения интенсивности движения по направлениям.

5. Режим работы светофорных объектов на очень сложных перекрестках улиц шириной до 26…30 м (семи-восьмиполосные) может быть шестифазный общей длительностью цикла $T_ц \approx 150…180$ с. с выделением пешеходной фазы длительностью до 30…32 с.

6. Общая рекомендация для организации движения на очень сложных перекрестках – необходимость принятия и реализации управленческого решения по разведению (разделению) транспортных и пешеходных потоков в пространстве, а не во времени, т.е. строительство разноуровневых развязок УДС.

6.11. Администрирование процессов управления БДД в целом и организованностью систем ОБДД в частности

6.11.1. Анализ текущей системы администрирования управления БДД

На федеральном уровне совершенствование БДД осуществляется посредством реализации Национального Проекта «Безопасные и качественные дороги» [450], который структурно состоит из 6 Федеральных Проектов (ФП). Одним из них является ФП «Безопасность дорожного движения». Общероссийские целевые показатели ФП «БДД» представлены в таблице 6.18. Из трех целевых показателей два являются количественными и измеряемыми. Третий – «Удовлетворенность безопасностью дорожного движения, %» – весьма спорный и при его количественной оценке могут быть допущены ошибки.

Таблица 6.18 – Плановые значения целевых показателей для общероссийской системы ОБДД [450]

Показатели для Общероссийская система ОБДД	Численные значения целевых показателей		
	2020	2024	2030
Удовлетворенность безопасностью дорожного движения, %	-	49	58
Количество погибших в ДТП на 100 тыс. населения, чел.	10,9	8,4	4,0
Количество погибших в ДТП на 10 тыс. транспортных средств, чел.	2,75	2,12	1,01

Общероссийские плановые показатели БДД дифференцируются на региональные, пример которых для трех выбранных для сравнения субъектов РФ приведен в таблице 6.19 [510].

Таблица 6.19 – Плановые значения целевых показателей Программ по обеспечению БДД в 3 сравниваемых субъектах РФ (2024) [451]

Плановые показатели по БДД (согласно Дополнительным соглашениям	Численные значения целевых показателей		
	Московская область	Тюменская область	Чукотский АО
Количество погибших в ДТП на 100 тыс. чел.	9,18	10,34	5,97
Количество погибших в ДТП на 10 тыс. ТС	2,18	2,39	2,30

Основной упор при управлении БДД делается на совершенствование дорожной системы страны (ФП «Региональная и местная дорожная сеть»). Подразумевается, что фактический уровень БДД является прямым следствием качества дорог. Это весьма спорный тезис. Соответственно, предполагается, что именно финансирование дорожного строительства и улучшение качества автодорог являются основой и главным средством повышения БДД.

В таблице 6.20 представлены для сравнения плановые показатели (2024) финансирования дорожного строительства в трех регионах страны [509].

Таблица 6.20 – Плановые значения целевых показателей по финансированию дорожного строительства в сравниваемых 3 субъектах РФ (2024) [450]

Объемы финансирования, млн. руб. / План по строительству, $м^2$	Численные значения целевых показателей		
	Московская область	Тюменская область	Чукотский АО
Плановые объемы финансирования			
Консолидированный бюджет субъекта	7480	4850	81,1
Федеральный бюджет	15680	1270	58,7
Суммарный бюджет	23160	6120	139,8
План по строительству и реконструкции автодорог			
Укладка дорожного покрытия, $м^2$	3225352	1813664	121275
Удельная плановая стоимость строительства и реконструкции автодорог			
Удельная плановая стоимость дорожных работ, руб/$м^2$	7180,6	3374,4	1152,7

В то же время руководство каждого субъекта РФ обязуется финансировать работы по профилактике дорожной аварийности. Например, для трех сравниваемых регионов это следующие, сравнительно небольшие объемы финансирования (таблица 6.21).

Таблица 6.21 – Плановые значения целевых показателей по финансированию Программ ОБДД в 3 сравниваемых субъектах РФ (2024) [452-454]

Плановый показатель	Численные значения целевых показателей		
	Московская область	Тюменская область	Чукотский АО
Объем финансирования региональной Программы из регионального бюджета, млн. руб.	30,000	2,299	2,000

Не обсуждая логичность построения тарифообразования (таблица 6.20) и соотношения затрат на выполнение работ по обеспечению БДД и дорожное

строительство, отмечу, что сама доля объема финансирования сферы БДД (например, для Московской области это 30/23160 = 0,13 %) крайне мала. На этом участие административной власти федерального и регионального уровня в управлении БДД в регионе заканчивается. Все организационно-технические работы по управлению БДД на местах являются функционалом региональных Управлений ГАИ. Соответственно, выбор инструментария и методик совершенствования БДД – прерогатива специалистов Госавтоинспекций МВД регионального и муниципального уровня. Очевидно, в используется весь доступный арсенал инструментов, но далеко не всегда при этом выбираются правильные акценты. Чаще всего этот выбор определяется уровнем профессионализма лиц принимающих решение, их опытом, комплетенцией, знаниями. С учетом того, что в Паспорте данного ФП (раздел 3) определен ряд задач общего плана, в Отчете также приводится статистика затраченных средств по этим мероприятиям (таблица 6.20).

Таблица 6.22 – Сведения об исполнении федерального бюджета в части финансового обеспечения реализации ФП «БДД» в 2023 г. [455]

№№	Группа мероприятий	Финансирование	
		тыс. руб	%
1	2	3	4
1	Поставка транспортных средств в подразделения, осуществляющие контроль (надзор) в области БДД	4 052 439,40	60,8
2	Совершенствование оргсопровождения деятельности по обеспечению безопасности автомобильных перевозок	136 333,00	2,0
3	Повышение уровня автоматизации и конструктивной безопасности транспортных средств	18 082,80	0,3
4	Повышение БДД при ее обеспечении на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения	614 013,00	9,2
5	Оснащение укладками для оказания первой медпомощи сотрудниками Госавтоинспекции МВД РФ	65 983,90	1,0
6	Организация и проведение мероприятий по привитию детям навыков безопасного участия в дорожном движении	200 702,90	3,0
7	Развитие системы оказания помощи пострадавшим в ДТП	122 337,40	1,8
8	Создание системы комплексной автоматизации контрольно-надзорной деятельности	136 687,50	2,1
9	Приобретение специальных технических средств измерений, используемые для контроля за БДД	33 341,30	0,5
10	Организация работ по информационному сопровождению в средствах массовой информации реализации ФП БДД	121 734,50	1,8
11	Организация ремонта специальных технических средств измерений, используемые для контроля за БДД	70 527,80	1,1

Окончание таблицы 6.22

1	2	3	4
12	Обеспечение функционирования автоматизированной информационной системы тахографического контроля	18 244,80	0,3
13	Проведение социальных кампаний, использующих каналы коммуникации	300 000,00	4,5
14	Обеспечение разъяснений законодательства РФ о БДД	647 834,30	9,7
15	Обеспечение функционирование деятельности ФКУ «Дирекция Программы БДД» для реализации ФП «БДД»	78 727,40	1,2
16	Изучение общественного мнения по вопросу удовлетворенности населения БДД	45 000,00	0,7
17	Разработка современных методов и подходов к ОДД	13 010,60	0,2
ИТОГО		6 674 068,90	100

Посредством анализа структуры и объемов фактического финансирования ФП «БДД» [455] можно понять логику управления безопасностью дорожного движения в России в целом (с позиций вертикали власти). Методы и средства, выбранные для достижения целей Стратегии БДД РФ, легко идентифицировать из Отчета о ходе реализации ФП «Безопасность дорожного движения» [455].

Итак, в отношении причинно-следственной цепочки, используемой в данном исследовании для идентификации специфики процессов формирования аварийности, укажу, что каждое из мероприятий может быть классифицировано на предмет соответствия сути звена причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности (таблица 6.23).

Таблица 6.23 – Соответствия мероприятий ФП «БДД» сути звеньев причинно-следственной цепочки формирования аварийности

Набор мероприятий и их финансирование	Звено причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности			
	Звено «Население – Парк ТС»	Звено «Парк ТС – Число ДТП»	Звено «Число ДТП – Число пострадавших»	Звено «Число пострадавших – Число погибших»
1	2	3	4	5
Мероприятия	1 + 3 + 6	2 + 4 + 8 + 9 + 11 + 10 + 12 + 13 + 14	Нет мероприятий	5 + 7
Финансирование, %	60,8 + 0,3 + 3,0	2,0 + 9,2 + 2,1 + 0,5 + 1,1 + 1,8 + 0,3 + 4,5 + 9,7	Нет мероприятий	1,0 + 1,8
ИТОГО распределение финансирования, %	64,1	33,1	-	2,8

Нужно указать, что Мероприятия 15…17 таблицы 6.23 (2,1 %) носят общий характер и не могут быть классифицированы на предмет идентификации соответствия звену причинно-следственной цепочки. На основе данных таблицы 6.23 установлено, что более 64 % финансирования было направлено на приобретение транспортных средств для подразделений ГИБДД. Очевидно, что это решение соответствует логике контроля за формированием и использованием парка пользователей (звено 1 причинно-следственной цепочки). На долю звена 2 цепочки пришлись 33 % объемов финансирования. На долю звена 4 цепочки пришлись около 3 % объемов финансирования. Конечно же, это не оптимальная структура.

6.11.2. Логические основания определения структуры и объемов финансирования НП «Безопасность дорожного движения»

Главное, с чего начинается администрирование – определение стоимостных показателей ущерба от дорожно-транспортной аварийности. Второй этап – определение тех объемов финансирования, которое государство способно направить на решение глобальной задачи повышения БДД. Подразумевается, что финансирование Программ по БДД и ущерб от дорожно-транспортной аварийности связаны обратно пропорциональной логической связью.

Известно, что согласно Методике оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от ДТП (Р-03112199-0502-00) [456] социально-экономический ущерб от гибели человека в ДТП определен в размере 5,728 млн. руб. (по состоянию на 1999 г.). Однако срок действия данной Методики истек в конце 2005 г. Согласно расчетам специалистов НИИАТ [457] к 2018 г. «размер социально-экономического ущерба от гибели человека в ДТП возрос до 31,52 млн. руб. В целом же совокупный социально-экономический ущерб от гибели 18427 россиян в ДТП в 2018 г. составил 618,85 млрд. руб».

Данные Госавтоинспекции МВД РФ свидетельствуют о том, что число погибших в 2018 г. официально составило 18214 чел. Оставим за скобками рассуждений эту несостыковку и далее будем ориентироваться все же на величину

ущерба в 31,5 млн. руб. (данные [457] для 2018 г.). Данные В.А. Верзилина и Ю.В. Наролиной [458] в целом соответствуют этой оценке.

Соотношение среднестатистического ущерба от ранений людей в ДТП к ущербу от гибели соотношением 1/25 [459]. Таким образом, среднестатистический ущерб от ранений людей в ДТП определяется как 1/25 · 31,5 млн. руб. = 1,26 млн. руб./ранение.

Официальные данные Госавтоинспекции МВД РФ [149] свидетельствуют о гибели в ДТП в 2018 г. $N_{пог.\ ДТП\ 2018}$ = 18214 чел. и о ранении $N_{ран.\ ДТП\ 2018}$ = 214853 чел. Таким образом, с учетом расчетных нормативов среднестатистических социально-экономических ущербов от гибели ($У_{гиб.\ ДТП\ 2018}$ = 31,5 млн. руб.) и ранения ($У_{ран.\ ДТП\ 2018}$ = 1,26 млн. руб.) и статистики ГАИ МВД РФ общий суммарный ущерб $У_{\ ДТП\ РФ\ 2018}$ от гибели и дорожного травматизма определяется в России в 2018 г. как (6.28):

$$У_{\ ДТП\ РФ\ 2018} = [(N_{пог.\ ДТП\ 2018} \cdot\ У_{гиб.\ ДТП\ 2018}) + (N_{ран.\ ДТП\ 2018} \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2018})] \qquad (6.28)$$

где $N_{пог.\ ДТП\ 2018}$ - число погибших в ДТП в России в 2018 г. (18214 чел.);
$N_{ран.\ ДТП\ 2018}$ - число раненых в ДТП в России в 2018 г. (214853 чел.);
$У_{гиб.\ ДТП\ 2018}$ - среднестатистический социально-экономический ущерб от гибели человека в ДТП в 2018 г. (31,5 млн. руб.);
$У_{ран.\ ДТП\ 2018}$ - среднестатистический социально-экономический ущерб от ранения человека в ДТП в 2018 г. (1,26 млн. руб.).

Итак, с учетом (6.28):

$$У_{\ ДТП\ РФ\ 2018} = [(18214 \text{ чел.} \cdot\ 31{,}5 \text{ млн. руб.}) + (214853 \text{ чел.} \cdot 1{,}26 \text{ млн. руб.})] =$$
$$= 844455 \text{ млн. руб.}$$

Общий суммарный ущерб $У_{2018}$ от гибели и дорожного травматизма определяется в России в 2018 г. определяется в % ВВП как (6.29):

$$У_{\ ДТП\ РФ\ 2018\ \%\ ВВП} = [(У_{\ ДТП\ РФ\ 2018} / ВВП_{\ РФ\ 2018}) \cdot 100\ \%] \qquad (6.29)$$

где $ВВП_{\ РФ\ 2018}$ - валовой внутренний продукт РФ в 2018 г. (103861,7 млрд. руб. [201])

С учетом (6.29) и данных Росстата [201] ВВП России в 2018 г. составил 103861,7 млрд. руб. Таким образом, общий суммарный ущерб $У_{ДТП\ РФ\ 2018\ \%\ ВВП}$ от гибели и дорожного травматизма в России в 2018 г. определен как:

$$У_{ДТП\ РФ\ 2018\ \%\ ВВП} = [(844{,}455 / 103861{,}7) \cdot 100\ \%] = 0{,}8\ \%\ ВВП$$

Используя эту логику, можно обратным действием (от величины текущего ВВП и с учетом ущерба в %) определить текущее (2025) значение среднестатистического социально-экономического ущерба от гибели и ранения россиян в ДТП (таблица 6.24).

Таблица 6.24 – Текущие (2025) значения нормативов среднестатистических социально-экономических ущербов от гибели и ранения в ДТП

Показатель / Норматив	Значение
ВВП $_{РФ\ 2025}$, млрд. руб.	213516
Норматив суммарного ущерба от ДТП $У_{ДТП\ РФ\ 2018\ \%\ ВВП}$, % ВВП	0,8 % ВВП
Расчетное значение суммарного ущерба от ДТП $У_{ДТП\ РФ\ 2025\ \%\ ВВП}$, млрд. руб.	1708,1

Скорректируем формулу (6.28) с учетом статистики дорожно-транспортной аварийности РФ в 2025 г. (6.30):

$$У_{ДТП\ РФ\ 2025} = [(N_{пог.\ ДТП\ 2025} \cdot У_{гиб.\ ДТП\ 2025}) + (N_{ран.\ ДТП\ 2025} \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2025})] = 1708{,}1\ млрд.\ руб. \quad (6.30)$$

Для решения уравнения (6.30) необходимо его упростить и представить в форме (6.31):

$$У_{ДТП\ РФ\ 2025} = [(N_{пог.\ ДТП\ 2025} \cdot (25 \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2025})) + (N_{ран.\ ДТП\ 2025} \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2025})] = 1708{,}1\ млрд.\ руб. \quad (6.31)$$

Тогда $У_{ДТП\ РФ\ 2025} = [(13943 \cdot (25 \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2025})) + (159889 \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2025})] = 1708{,}1$ млрд. руб.

$$У_{ДТП\ РФ\ 2025} = (508464 \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2025}) = 1708{,}1\ млрд.\ руб.$$

Расчетные значения $У_{ран.\ ДТП\ 2025}$ и $У_{гиб.\ ДТП\ 2025}$ определяются как:

$$У_{ран.\ ДТП\ 2025} = 1708{,}1\ млрд.\ руб. / 508464 = 3{,}359\ млн.\ руб.$$

$$У_{гиб.\ ДТП\ 2025} = 25 \cdot У_{ран.\ ДТП\ 2025} = 83{,}98 \text{ млн. руб.}$$

С учетом значений среднестатистического ущерба от гибели и ранения людей в ДТП, характерного для $РФ_{2025}$ можно определить ущербы от аварийности для любого региона, города, для системы ОБДД любого масштаба.

Так, первый этап администрирования – определение стоимостных показателей ущерба от дорожно-транспортной аварийности – выполнен. Установлено, что суммарный ущерб РФ в 2025 г. от дорожно-транспортной аварийности $У_{ДТП\ РФ\ 2025}$ (только в отношении гибели и ранения людей, без учета материального ущерба) составил не менее 1,7 трлн. руб.

На Втором этапе администрирования задач по повышению БДД в стране необходимо определить объемы финансирования сферы обеспечения дорожной безопасности. Заметим, что удельный вес группы мероприятий 17 «Разработка современных методов и подходов к ОДД» (таблица 6.22) составляет всего 0,2 % от общих фактических затрат. Но даже не это главное. Важно понимать, что необходимо в целом повысить объем ежегодного финансирования ФП «БДД» с 6,7 млрд. руб./год до хотя бы 1…2 % от уровня ущерба (17…34 млрд. руб./год) и этот ресурс распределить иначе, чем это делается сейчас. Значительно большую долю ресурса необходимо направить на мероприятия по профилактике дорожной аварийности (звено 2 цепочки) и минимизацию последствий ущерба здоровью уже пострадавших в ДТП (звено 4 цепочки). При этом финансирование мероприятий звена 1 цепочки, которое сегодня находится в приоритетном положении, может и должно быть минимизировано.

Значения относительного влияния («веса») w_i различных звеньев процесса формирования дорожно-транспортной аварийности для системы ОБДД РФ равны $w_{N\ РФ\ 2025} = 0{,}084$, $w_{RA\ \ РФ\ 2025} = 0{,}630$, $w_{V\ \ РФ\ 2025} = 0{,}030$, $w_{D\ \ РФ\ 2025} = 0{,}256$. Анализ этих данных показывает, что самым приоритетным звеном в процессной цепочке является звено 2 причинно-следственной цепочки формирования дорожной аварийности (идентифицируется посредством w_{RA}). Звено 4 причинно-

следственной цепочки (идентифицируется посредством w_D) является вторым по степени важности.

Абсолютно аналогичные рассуждения могут быть применены и к анализу проблематики финансирования региональных Программ по БДД.

6.12. Адресаты – предполагаемые пользователи результатов диссертационного исследования

Результатом данного диссертационного исследования являются как методики оценки энтропийной организованности системных процессов ОБДД (раздел 6.8), так и прикладной Web-сервис по практической реализации этих методик (раздел 6.9). Кроме того, сформулированы рекомендации по оптимизации принципов организации городских систем управления БДД с учетом уровня их организованности (раздел 6.10).

Предполагаемые пользователи данных методических материалов представлены в таблице 6.25.

Таблица 6.25 – Адресаты – предполагаемые пользователи методик практического использования и соответствующего методического инструментария

Результаты диссертационного исследования	Адресаты – предполагаемые пользователи
Методики оценки системной организованности процессов ОБДД	Научный Центр Госавтоинспекции МВД РФ; ГУ ГАИ МВД РФ; Региональные и муниципальные органы власти
Прикладные Web-сервисы по практической реализации этих методик	Научный Центр БДД МВД РФ; Региональные и муниципальные органы власти; Государственные вузы
Рекомендации по оптимизации принципов организации городских систем управления БДД	Учреждения, специализирующиеся на организации дорожного движения. Например, в Тюмени – МКУ «Тюменьгортранс»

Все эти материалы предназначены именно для практического использования и основаны на закономерностях, изученных в рамках данного диссертации.

6.13. Экономическая эффективность

6.13.1. Принципиальные подходы к определению экономической эффективности практической реализации мер по повышению БДД

Обычно термин «эффективность» идентифицирует соотношение достигнутых искомых результатов с затратами на достижение этих результатов [87]. Иногда, наоборот, под эффективностью понимают затраты, приходящиеся на единицу желаемого результата [87, 88]. По сути, это однотипный подход, форма которого трансформируется в зависимости от потребностей оценки эффективности. В любом случае, понятие эффективности практически все специалисты [88, 460-461] связывают с экономичностью, т.е. возможностью получения наилучшего (максимально возможного) результата с учетом имеющихся в наличии ресурсов, необходимых для достижения этого результата.

Применительно к вопросам ОБДД возможны два варианта интерпретации вышесказанного. Первый из них заключается в количественной экономической оценке ущерба от дорожно-транспортной аварийности и сравнении этого ущерба с затратами на мероприятия по обеспечению БДД. Второй несколько сложнее и подразумевает также и учет социальных потерь общества (снижение качества человеческого капитала) от дорожно-транспортной аварийности. Как было указано ранее, в разделе 6.11.2, социально-экономический ущерб от гибели и ранения россиян в ДТП в 2025 г. составил 1708,1 млрд. руб. или около 0,8 % ВВП $_{РФ\text{-}2023}$. Однако кроме потери человеческого капитала, в процессе дорожно-транспортной авраийности возникает ущерб и другого рода – косвенный. Из каких составляющих формируется этот косвенный ущерб? В [93, 460-461] классифицированы три аспекта, определяющих официально признаваемую государством величину ущерба от дорожно-транспортной аварийности:

- «перечня факторов, характеризующих экономические и социальные последствия ДТП, которые учитываются при оценке ущерба;
- системы учёта параметров и последствий ДТП, а также другой статистической информации, используемой при оценке ущерба;

• особенностей конкретных методов, применяемых для количественной оценки отдельных составляющих экономического и социального ущерба от ДТП».

В большинстве работ профильных специалистов ущерб от дорожно-транспортной аварийности подразделяют на прямые и косвенные потери (рисунок 6.23).



Рисунок 6.23 – Классификация и составляющие ущерба от дорожно-транспортной аварийности

В настоящее время в Российской Федерации отсутствует единообразная официальная методика расчета социально-экономического ущерба обществу от утраты жизни и здоровья в результате ДТП. Надо отметить, что в 1980-х гг. в СССР была разработана и использовалась для целей оценки ущерба от дорожно-транспортной аварийности Инструкция по учету потерь народного хозяйства от ДТП при проектировании автомобильных дорог («ВСН 3-81») [87, 90]. Рекомендации этого документа были достаточно абстрактными, неконкретными; срок действия данного документа истек в 2005 г. [90].

В конце 1990-х ФГУП «НИИАТ» по заказу Минтранса РФ была разработана «Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий (Р 03112199-0502-00)» [456]. Рассмотрение этого документа позволяет констатировать целый ряд очевидных недочетов, таких

как: низкий уровень доступности исходных данных, необходимых для проведения расчетов ущерба от ДТП, невозможность учета всех возможных исходов ДТП, необоснованные величины ущерба от травматизма разной степени тяжести и в случае получения инвалидности разной группы.

Методика Р 03112199-0502-00 [456] не предусматривает учет «упущенных выгод» (объема недополученных доходов), в этом документе не отражен учет региональной дифференциации величин ущерба [88-92]. В современных условиях по причине отсутствия единой для всей Российской Федерации утвержденной методики определения ущерба от дорожно-транспортной аварийности расчеты социально-экономических потерь осуществляются в соответствии ведомственными указаниями различных министерств, страховых компаний, других частных учреждений [90]. Эти нормативные документы зачастую являются ангажированными и не учитывающие весь набор составляющих экономического ущерба. На рисунке 6.24 приведен пример специфики специализированных подходов к оценке величины ущерба от утраты жизни в результате ДТП.

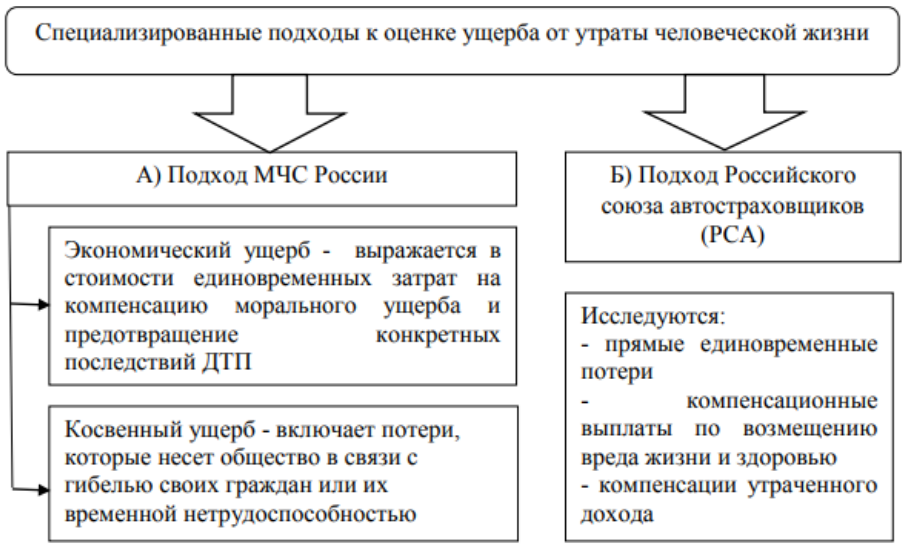


Рисунок 6.24 – Пример специфики специализированных подходов к оценке величины ущерба от утраты жизни в результате ДТП

Анализ работ [88-92] позволил установить, что все методы оценки стоимости экономических потерь от утраты человеческой жизни можно классифицировать на три группы (рисунок 6.25), основанные на концепциях человеческого капитала; стоимости среднестатистической жизни; субъективной оценки стоимости жизни.

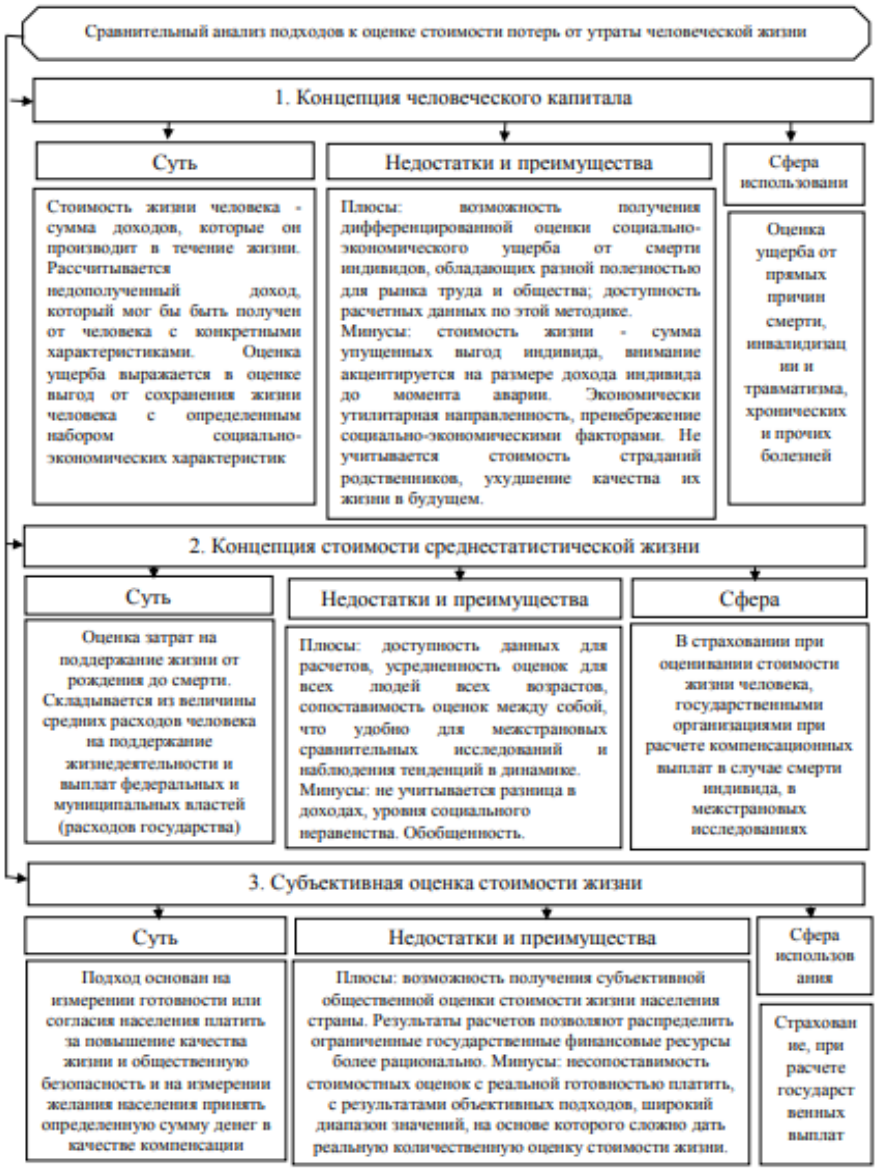


Рисунок 6.25 – Сравнительный анализ подходов к оценке величины ущерба от утраты в результате ДТП человеческой жизни

Примечание: данная схема составлена с учетом [88-92]

В таблицах 6.24…6.26 приведена основная суть методических подходов к экономической оценке социально-экономических ущербов в результате ДТП, основанного на концепциях человеческого капитала, стоимости среднестатистической жизни, субъективной оценке стоимости жизни.

В заключение данного раздела отмечу, что анализ сути существующих концепций (таблицы 6.24-6.26) позволил сформировать мнение о наибольшей сравнительной адекватности действительности метода, основанного на учете ущербов, определенных по методике учитывающей величину стоимости среднестатистической жизни (ССЖ).

Утвердиться во мнении, что именно методика оценки ущербов, учитывающая величину стоимости среднестатистической жизни (ССЖ), является наиболее адекватной из трех рассмотренных, могут помочь и данные об ущербе от гибели людей, сформированные расчетами специалистов НИИАТ [457].

Таблица 6.24 – Основные аспекты оценки ущерба от смерти человека в рамках концепции человеческого капиатала

Суть подхода	Используемые показатели	Достоинства подхода	Недостатки подхода	Ущерб от смерти, млн. руб.
Стоимость человеческой жизни = чистой приведенной стоимости выгод от будущих усилий индивида, чья жизнь оценивается, которые можно было бы ожидать близкими, работодателями, партнерами	Средняя продолжительность жизни; средний уровень образования в регионе; средняя зарплата, средний душевой доход в регионе; среднедушевой ВВП и ВРП; ожидаемые темпы прироста реальной заработной платы; средний размер пенсии.	Жизнь индивида оценивается по-разному, дифференци-рованно. Это позволяет произвести более точную оценку ущербов.	Невысокая доступность данных статистики. Это снижает возможности дифференциа ции оценки стоимости человеческой жизни.	6…8

Таблица 6.25 – Основные аспекты оценки ущерба от смерти человека в рамках концепции стоимости среднестатистической жизни

Суть подхода	Используемые показатели	Достоинства подхода	Недостатки подхода	Ущерб от смерти, млн. руб.
Стоимость человеческой жизни = оценка затрат на ее поддержание на протяжении жизненного цикла среднестатистическог о человека от рождения до смерти и включает расходы на содержание ребенка в дошкольном учреждении, школе, вузе; расходы на поддержание своей жизнедеятельности (питание, жилье. т.д.).	Пособие при рождении ребенка; расходы общества на дошкольное, среднее, высшее и профессиональное образование; региональный и прожиточный минимум; средний размер месячных пенсий; медицинская помощь; федеральный и местный бюджеты; ритуальное пособие.	Доступность публичных данных для применения метода.	Стоимость жизни каждого человека унифицирова на по средним показателям на каждом этапе жизненного цикла. Дифференциа - ция индивидов при это никак не учитывается.	50…170

Таблица 6.26 – Основные аспекты оценки ущерба от смерти человека в рамках концепции субъективной оценки стоимости жизни

Суть подхода	Используемые показатели	Достоинства подхода	Недостатки подхода	Ущерб от смерти, млн. руб.
Стоимость человеческой жизни оценивается методом прямого опроса населения или путем изучения поведенческих установок индивидов относительно готовности платить за снижение рисков гибели в ДТП.	Показателями являются ответы на вопросы анкет, используемых для формирования мнения о субъективной оценке стоимости жизни.	Оценки стоимости человеческой жизни соответствуют общественным представлениям о справедливости. Позволяют оценить расходы на осуществление Программ по БДД.	Оценка является субъективной. Отсутствуют формулы расчета величины стоимости жизни человека.	3,6

Согласно их данным, ССЖ $_{РФ\text{-}2018}$ гражданина России в 2018 г. составляла 31,5 млн руб. Авторские же расчеты, представленные в разделе 6.11.2., показывают, что к 2025 г. величина ССЖ гражданина РФ достигла к 2025 г. уровня ССЖ $_{РФ\text{-}2025}$ = 83,98 млн. руб.

Соответственно, ущерб от гибели человека в ДТП в России в 2025 г. соответствовал величине ССЖ и определялся также как $У_{гиб.\ ДТП\ 2025}$ = 83,98 млн. руб. Норматив ущерба от ранения человека в ДТП в РФ в 2025 г.равен $У_{ран.\ ДТП\ 2025}$ = 3,359 млн. руб.

6.13.2. Расчет экономической эффективности практической реализации мер по повышению организованности систем ОБДД

С целью расчета экономической эффективности (на срок до 2030 г.) воспользуюсь прогностическими данными по динамике величины Социального риска *HR* в РФ на период до 2030 г., представленными в работах автора [391, 444].

Согласно оптимистическому прогнозу, который основан не только на идентифицированном среднесрочном тренде динамики *HR* в РФ, но и на предположениях о пользе практической реализаций результатов данного

диссертационного исследования, в 2030 г. может быть достигнут уровень $HR_{РФ\text{-}2030}$ = 6,67 погибших в ДТП/100 тыс. чел. При оптимистическом взгляде на динамику численности населения страны (Население РФ-2030 = 148 млн. чел.), фактической уровень числа погибших в ДТП в 2030 г. может быть спрогнозирован как ≈ 9800 чел./год (если точнее, то 9768 чел./год).

При этом оптимистическая прогнозная динамика изменения этого показателя представлена в таблице 6.27. Здесь же представлена прогнозная динамика числа раненых и погибших в ДТП. Сравним два варианта, один из которых базовый (А), а второй оптимистический (Б), основанный на предположении о пользе практического использования авторских разработок.

Таблица 6.27 – Прогноз ожидаемой прогнозной динамики Социального риска *HR РФ*, годового числа погибших и раненых в ДТП в течение 2024…2030, соответствующий оптимистичному сценарию [444]

Характеристики	Прогнозное значение *HR РФ* по годам (погибших в ДТП / 100 тыс. чел.) с учетом дисконта темпа процесса							
Год периода	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Исходный уровень *HR РФ-2023*	9,9	Предполагается нелинейное снижение *HR РФ*						
Прогноз численности насления в РФ, млн. чел.	145,0	145,0	145,5	146,0	146,5	147,0	147,5	148,0
Прогноз годового числа погибших в ДТП, чел.	14504	13558	12862	12205	11588	10996	10428	9872
Прогноз годового числа раненых в ДТП, чел.	166500	155917	147913	140357	133262	125454	119922	113528
Прогноз *HR РФi*	-	9,35	8,84	8,36	7,91	7,48	7,07	6,67
Проимечание. При расчете годового числа раненых в ДТП учитывался коэффициент отношения числа раненых в ДТП / число погибших, определенный для данных 2023 г. (11,5).								

Предупреждая возражения, отмечу, что статья [444] написана в январе 2024 г., когда даже была неизвестна итоговая статистика аварийности 2023 г. Но, все же воспользуемся идеями этой статьи. Рассмотрим 2 варианта.

Вариант А – вплоть до 2030 г. уровень Социального риска *HR* неизменен и равен $HR_{РФ\text{-}2023}$ = 9,9 погибших в ДТП/100 тыс. чел.

Вариант Б – уровень Социального риска *HR* динамически снижается. Прогнозная динамика снижения показателя $HR_{2023…2030}$ представлена в таблице

6.27. При сравнении вариантов расчетной кумуляты числа погибших и раненых в ДТП получаем следующие результаты (таблица 6.28).

Таблица 6.28 – Сравнение двух вариантов расчета кумулятивных (2024…2030) показателей числа погибших и раненых в ДТП

Характеристики	Прогнозное значение $HR_{РФ}$ по годам (погибших в ДТП / 100 тыс. чел.) с учетом дисконта темпа процесса						
Год периода	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Вариант А							
Кумулята годового числа погибших в ДТП, чел.	7 · 14504 = 101528						
Кумулята годового числа раненых в ДТП, чел.	7 · 166500 = 1165500						
Вариант Б							
Кумулята годового числа погибших в ДТП, чел.	81509 (с учетом снижения темпов процесса)						
Кумулята годового числа раненых в ДТП, чел.	81509 (с учетом снижения темпов процесса)						

В таблице 6.29 представлены результаты расчета экономической эффективности практической реализации мер по повышению организованности систем ОБДД.

Таблица 6.29 – Расчет экономической эффективности Э (для периода 7 лет: с 2024 по 2030 гг.) реализации мер по повышению организованности систем ОБДД

Показатель	Варианты и их сравнение		
	Вариант А	Вариант Б	Δ = (А – Б)
Исходные данные			
Прогнозное число погибших в ДТП в течение 7 лет	101528	81509	20019
Прогнозное число раненых в ДТП в течение 7 лет	1165500	936353	229147
Норматив ССЖ в ценах 2023 г., млн. руб.	64,650	64,650	0
Норматив ССР в ценах 2023 г., млн. руб.	2,586	2,586	0
Результаты расчета Э			
Ущерб от гибели людей в ДТП, млн. руб.	6563785,2	5269556,9	1294228,3
Ущерб от ранения в ДТП, млн. руб.	3013983,0	2421408,9	592574,1
Сумма ущербов, млн. руб.	9577768,2	7690965,8	1886802,4
Экономическая эффективность Э, млн. руб.			1886802,4
Примечание. При расчетах использовались ценовые соотношения (в частности, информация по ССЖ и ССР) характерные для 2023 г.			

Итак, в случае практического использования подходов, основой которых является данное диссертационное исследование гипотетически возможно достижение в течение 7 лет (2024…2030 гг.) суммарного экономического эффекта Э величиной до 1 трлн. 886,8 млрд. руб. При расчете этой величины не учитывался материальный ущерб, снижение которого при повышении организованности систем ОБДД также может достигать весьма значительных величин.

Что касается социальных эффектов, то их определение в рамках данного исследования оставлено без конкретных расчетов. Однако подразумевается, что сохранение жизней (до 20 тыс. чел. в течение 7 лет) российских граждан, снижение травматизма (до 229 тыс. чел. в течение 7 лет) окажет несомненный положительный социальный эффект на общество, экономику, семьи людей, для которых эти эффекты будут достигнуты.

Критически оценивая высокое недоверие к солидному результату гипотетического суммарного экономического эффекта Э (до 1,89 трлн. руб. в течение 7 лет для Российской Федерации в целом), представлю также и расчет экономической эффективности реализации мер по повышению организованности систем ОБДД непосредственно для системы ОБДД Тюменской области.

В таблице 6.30 представлена динамика изменения значений $H_{п\text{-}4\ БДД}$ для системы ОБДД Тюменской области в 2020…2025 гг.

Таблица 6.30 – Динамика Относительной энтропии $H_{п\text{-}4\ БДД}$ и числа погибших и раненых в ДТП для системы ОБДД Тюменской области в течение 2020…2025 гг.

Характеристика	Динамика значений характеристик					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
$H_{п\text{-}4\ БДД}$	0,732	0,722	0,719	0,711	0,701	0,734
Число погибших в ДТП	195	184	172	196	180	171
Число раненых в ДТП	3352	3386	3421	3660	3706	3543
Примечание. Резкое изменение величины $H_{п\text{-}4\ БДД}$ связано с очень существенным снижением численности парка ТС региона в 2025 г. Значение $H_{п\text{-}4\ БДД\ 2025}$ необходимо рассматривать как случай статистического эксцесса						

Таким образом, в течение 2020…2025 гг. годовое число погибших в ДТП снизилось на 24 чел. в течение 5 лет, т.е. примерно на 5 чел./год или на 2,5 % ежегодно. Это текущий, гомеостатичный уровень темпов соответствия между повышением организованности системы БДД Тюменской области и снижением ежегодного числа погибших в ДТП. В дальнейшем (при приближении к целевому уровню HR = 4,0 погибших в ДТП/100 тыс. чел./год) этот уровень будет снижаться до 1,5…2,0 % (или 3-4 чел./год). Число раненых в ДТП при этом выросло за 5 лет на 191 чел. Ежегодный прирост этого показателя составил примерно на 38 чел./год. Рассчитаем гипотетический экономический эффект $Э_{год}$ повышения организованности системы ОБДД Тюменской области с учетом условного

сбережения жизней людей (приняв ССЖ и ССР в размерности 2025 г., т.е. ССР = 3,36 млн. руб.; ССЖ = 84 млн. руб.).

Ежегодный социально-экономический эффект практического использования результатов диссертационной работы для Тюменской области может достигать 124…208 млн. руб./год. Данный расчет является следствием учета ежегодного потенциального сбережения для государства жизней 3…4 чел. (с учетом норматива $ССЖ_{2025} \approx 84$ млн. руб.), но, к сожалению, одновременного увеличения числа раненых по 38 чел./год.

$$Э_{год\ БДД\ Тюменская\ область} = \Delta У_{гиб.\ ДТП\ 2025} - \Delta У_{ран.\ ДТП\ 2025} = [84 \bullet (3…4) - (3{,}36 \bullet 38)] =$$
$$= [(252…336) - 128] = 124…208 \text{ млн. руб./год.}$$

Данный расчет выполнен лишь для одного региона. В других субъектах РФ также будет формироваться социально-экономический эффект, величина которого будет варьироваться в значительных диапазонах значений, но все же будет положительной.

Понимая, что многие достаточно критически могут отнестись к идентификации величин ССЖ и ССР, укажу также, что в оценке экономического эффекта можно использовать и другой, значительно более простой подход. Учитывая, что повышение качества управления среднестатистической региональной системой ОБДД в конечном итоге имеет своим результатом снижение дорожно-транспортной аварийности во всех ее проявлениях, укажу, что в оптимистическом варианте может способствовать ежегодному сокращению числа погибших и раненых в ДТП на первоначальном этапе на 3 %, впоследствии – на 2 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации решена важная научно-техническая проблема, суть которой в настоящее время можно формализовать как дефицит у управляющих субъектов на федеральном уровне необходимого научно-практического инструментария корректной оценки качества процессов обеспечения БДД. Представленная методология управления системной организованностью процессов обеспечения БДД позволяет вывести профессиональную деятельность по повышению качества управления БДД в России на новый, более продвинутый, научно обоснованный уровень.

Основные результаты работы заключаются в следующем.

1. В ходе проведенного анализа существующих возможностей моделирования системной организованности осуществлен выбор эффективного исследовательского инструментария, а именно информационно-энтропийного подхода к идентификации степени организованности систем обеспечения БДД. В процессе анализа состояния вопроса установлено, что корректно моделировать поведение больших сложных систем, к классу которых относятся системы обеспечения БДД, с использованием привычных инструментов системного, факторного и регрессионного анализа невозможно.

2. В ходе диссертационного исследования автором была разработана Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) процессов обеспечения БДД. Центральным ядром данной Методики является процедура структурирования процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в форме причинно-следственной цепочки, идентификация значимости или относительного «веса» звеньев этой цепочки и количественная оценка системной энтропии (по методике К. Шеннона).

3. Проведенные теоретические исследования были направлены на решение задачи моделирования специфики энтропийного поведения систем обеспечения БДД. При этом внимание было уделено как теоретическим исследованиям динамики развития социо-технических систем и разработке теории управления

технологическим процессом обеспечения БДД с учетом естественной динамики их развития, так и разработке совокупности теоретических положений, формализующих понятийно-методическую сущность информационно-энтропийной организованности систем обеспечения БДД.

Установлено, что важнейшими характеристиками социо-технического процесса являются скорость изменения полезности процесса *(V_p)*, динамика изменения полезности процесса *(P),* жизненная сила процесса *(A),* запас жизненных сил процесса *(ZA).* В диссертационном исследовании представлены модели процесса изменения этих характеристик во времени применительно к системам обеспечения БДД.

На основе этих характеристик были разработаны теоретические постулаты управления системами обеспечения БДД. Исследованы структурные свойства функции полезности процесса (*P*) повышения БДД. Установлены взаимосвязи структуры системы обеспечения БДД и ее полезности *P*. Разработана концептуальная модель гармоничности систем обеспечения БДД, представлены примеры теоретического решения задачи оценки системной гармоничности применительно к системам обеспечения БДД.

4. Экспериментальные исследования позволили конкретизировать понятие *специфики* дорожно-транспортной аварийности, конкретизировать вид моделей, идентифицирующих изменение относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}4}$ федеральной и региональных систем обеспечения БДД во времени. В частности, установлено, что, несмотря на теоретически нелинейный характер изменения во времени организованности систем обеспечения организованности БДД, в течение 2004…2025 гг. этот процесс протекал более-менее планомерно, практически линейно. Установлено, что на нелинейный участок траектория изменения организованности российских федеральной и региональных систем обеспечения БДД пока не вышла. Это значит, что коренной перелом в сфере повышения БДД в России пока еще не наступил. В отдельных регионах страны для процессов повышения организованности систем обеспечения БДД во времени характерны признаки неравномерности. В ходе исследований были установлены характерные

особенности моделей $H_{п\ БДД\text{-}4} = f(T_{2004...2021})$ для всех восьми Федеральных округов страны и всех 85 субъектов Российской Федерации (по состоянию на 2025 г.). Установлено, что скорость повышения системной организованности процессов обеспечения БДД в различных регионах страны варьируется в широком диапазоне.

5. В ходе исследований особое внимание было уделено изучению смысловой противоречивости достоинств и недостатков систем обеспечения БДД с различным уровнем организованности. Установлено, что попытки технологического усложнения городских систем организации дорожного движения посредством внедрения многофазных циклов работы светофорных объектов с целью минимизации конфликтности потоков и, как следствие этого, снижения дорожно-транспортной аварийности, не приводят к однозначно положительным результатам. Следствием попыток улучшения одного параметра состояния системы обеспечения БДД является ухудшение другого ее параметра. Высокоорганизованные городские системы обеспечения БДД характеризуются низкой вероятностью и, одновременно, высокой тяжестью ДТП. И, наоборот, для систем обеспечения БДД с невысоким уровнем организованности характерна высокая вероятность участия жителя города в ДТП и низкие значения тяжести ДТП. Эти наблюдения послужили поводом для проведения отдельных изысканий в области осмысления достаточно противоречивых результатов изучения специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах и городах РФ.

6. В процессе изучения возможностей выбора вариантов совершенствования БДД в Российской Федерации установлена возможность реализации трех стратегий. А именно: стратегии простого роста (рост экстенсивный, только за счет увеличения объема ресурса); стратегии устойчивого развития (подразумевается интенсивный рост за счет увеличения КПД системы); стратегии устойчивого инновационного развития (более продвинутая версия устойчивого развития). Установлено, что решением уравнения $x_{opt}^{g} + x_{opt} - 1 = 0$, описывающего связь между входным ресурсом и выходным результатом, является диаграмма Парето, особенности которой (в частности, изгиб кривой Лоренца) задаются величиной показателя ресурсной обеспеченности *g*.

Процессы совершенствования БДД во времени (2008…2025 гг.) и пространстве территории Российской Федерации развиваются крайне неоднородно. Зная особенности этого процесса в деталях, необходимо учитывать это в управлении процессами обеспечения БДД на федеральном уровне (например, посредством такого инструмента как корректирование финансирования региональных Программ по БДД из федерального бюджета).

Методологический инструментарий оценки и выбора тактики совершенствования безопасности дорожного движения для систем обеспечения БДД с различными уровнями системной организованности состоит из двух базовых программных продуктов – прикладных Web-сервисов.

7. Прикладные Web-сервисы используются в практической деятельности ФКУ «Научный центр БДД МВД России», Госавтоинспекции по Тюменской области, Северо-Уральского межрегионального управления государственного автодорожного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, Департамента дорожной инфраструктуры и транспорта Администрации г. Тюмени, МКУ «Тюменьгортранс», АО «Тюменское ПАТП № 1» и в учебном процессе 7 вузов России и 2 специализированных образовательных учреждений. Определено, что повышение качества управления среднестатистической региональной системой обеспечения БДД в оптимистическом варианте может способствовать ежегодному сокращению числа погибших и раненых в ДТП на первоначальном этапе на 3 %, впоследствии – на 2 %.

8. Дальнейшие исследования следует направить на развитие методологии оценки и повышения качества структурированности процессов обеспечения БДД с использованием технологий искусственного интеллекта.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АЗР	-	Арктическая зона России.
АН	-	Академия наук.
АППГ	-	аналогичный период прошлого года.
АТК	-	автотранспортный комплекс.
АТП	-	автотранспортное предприятие.
БДД	-	безопасность дорожного движения.
ВАДС	-	система «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда».
ВВП	-	валовой внутренний продукт.
ВРП	-	валовой региональный продукт.
ВОЗ	-	Всемирная Организация Здравоохранения.
ВЦИОМ	-	Всероссийский центр изучения общественного мнения.
ГАИ	-	Государственная автомобильная инспекция.
ГОСАВТОИНСПЕКЦИЯ	-	Государственная инспекция безопасности дорожного движения.
ГК	-	Государственная компания.
ГОСТ	-	Государственный стандарт.
ГУ ОБДД	-	Главное управление по обеспечению безопасности дорожного движения.
ДТИ	-	дорожно-транспортный инцидент.
ДТП	-	дорожно-транспортное происшествие.
ДФО	-	Дальневосточный Федеральный округ.
ДТС	-	дорожно-транспортная ситуация.
ЕС	-	Европейский Союз.
ИКЖ	-	индекс качества жизни.
ИНС	-	искусственные нейронные сети.
ИРЧП	-	индекс развития человеческого потенциала.
ИЧР	-	индекс человеческого развития.
КПД	-	коэффициент полезного действия.

КПЭ - ключевые показатели эффективности.

МВД РФ - Министерство внутренних дел Российской Федерации.

НИЦ - Научно-исследовательский центр.

НКВД - Народный комиссариат внутренних дел.

ОБДД - обеспечение безопасности дорожного движения.

ОД - организация движения.

ОКО ОБДД - общая концепция организованности ОБДД.

ООН - Организация Объединенных наций.

ОРУД - Отдел по регулированию уличного движения.

ПДД - правила дорожного движения.

ПФО - Приволжский Федеральный округ.

ПС - подвижной состав.

РИА - российское информационное агентство.

РФ - Российская Федерация.

СЗФО - Северо-Западный Федеральный округ.

СКФО - Северо-Кавказский Федеральный округ.

СНК - Совет народных комиссаров.

СССР - Союз Советских Социалистических Республик.

СТО - станция технического обслуживания.

СФО - Сибирский Федеральный округ.

США - Соединенные Штаты Америки.

ТС - транспортное средство.

УрФО - Уральский Федеральный округ.

УДС - улично-дорожная сеть.

ФЗ - федеральный закон.

ФП - федеральная программа.

ФЦП - федеральная целевая программа.

ФЭ - функциональный элемент.

ХМАО - Ханты-Мансийский автономный округ.

ЦФО - Центральный Федеральный округ.

ЦФУ - целевая функция управления.

ЧС - чрезвычайные ситуации.

ЮФО - Южный Федеральный округ.

ЯНАО - Ямало-Ненецкий автономный округ.

EU - European Union – Европейский Союз.

EU-15 - ЕвроСоюз в «старом составе» из 15 стран.

EU-27 - ЕвроСоюз в «новом составе» из 27 стран.

H - энтропия.

H_n - относительная энтропия.

$(H_n\text{-}3)$ - относительная энтропия для процесса ОБДД, описываемого трехзвенной причинно-следственной цепочкой формирования дорожно-транспортной аварийности.

$(H_n\text{-}4)$ - относительная энтропия для процесса ОБДД, описываемого четырехзвенной причинно-следственной цепочкой формирования дорожно-транспортной аварийности.

$(H_n\text{-}3.1)$ - относительная энтропия для процесса ОБДД, описываемого трехзвенной причинно-следственной цепочкой формирования дорожно-транспортной аварийности (версия Методики 3.1).

$(H_n\text{-}3.2)$ - относительная энтропия для процесса ОБДД, описываемого трехзвенной причинно-следственной цепочкой формирования дорожно-транспортной аварийности (версия Методики 3.2).

HR - *Human Risk* (англ.) – Социальный риск.

IRTAD - International Road Traffic and Accident Database - международная база данных о дорожном движении и аварийности.

K_h - коэффициент энтропийного подобия.

N_{Vh} - количество транспортных средств (ТС) в парке (от Vehicle (англ.) – транспортное средство).

N_{RA} - количество ДТП, произошедших за определенный период в рамках автотранспортной системы, соответствующей

определенной территории (от Road Accidents (англ.) – дорожное происшествие).

N_V - количество (для указанной системы) пострадавших в ДТП (от Victim (англ.) – жертва).

N_D - количество (для указанной системы) погибших в ДТП (от *Dead* (англ.) – погибший).

P - численность населения в рамках определенной территории (от Population (англ.) – население).

Масшт. ДТП - масштабность ДТП.

Тяж. ДТП - тяжесть ДТП.

TR - *Transport Risk* (англ.) – Транспортный риск.

TRACE - Traffic Accident Causation in Europe – международная база данных о причинах ДТП в Европе.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Безопасность дорожного движения *(согласно ФЗ № 196-ФЗ от 10.12.1995 г. «О безопасности дорожного движения» [1])* - *состояние процесса перемещения людей и грузов с помощью транспортных средств или без таковых в пределах дорог, отражающее степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий.*

Безопасность дорожного движения *(авторское определение А.И. Петрова)* - *оценочная характеристика функциони-рования автотранспортного комплекса, отражающая степень защищенности жизни и здоровья участников дорожного движения в пространстве и времени.*

Дорожно-транспортное происшествие (*согласно Правилам дорожного движения Российской Федерации от 23.10.1993 г. [460]).* - *событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или пострадали люди или повреждены транспортные средства, сооружения, грузы, либо причинён иной материальный ущерб.*

Дорожно-транспортное происшествие *(авторское определение А.И. Петрова).* - *дорожно-транспортный инцидент, в ходе которого повреждаются транспортные средства, грузы, сооружения, причиняется материальный ущерб, а также (что является определяющим признаком) погибают или травмируются люди.*

Организованность *(авторское определение А.И. Петрова)* - *свойство системы, идентифицирующее результат практической реализации действия совокупности правил, запретов, структурирующих систему и ограничивающих свободу её изменений.*

Транспортное средство *(согласно Правилам дорожного движения РФ от 23.10.1993 [400])* - *устройство, предназначенное для перевозки по дорогам людей, грузов или оборудования, установленного на нем.*

Транспортное средство или Road vehicle *(согласно ISO 3833:1977 [462])* - *все транспортные средства, предназначенные для движения по дорогам, за исключением сельскохозяйственных тракторов, которые лишь случайно используются для перевозки людей или грузов.*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 10.12.1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» (ред. 1.12.2007 г.). – URL: http://base.garant.ru/10105643/.

2. Бурков, В.Н. Механизмы повышения безопасности дорожного движения / В.Н. Бурков, В.Д. Кондратьев, А.В. Щепкин. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 208 с.

3. Колесов, В.И. Показатели безопасности дорожного движения первого и второго уровня / В.И. Колесов, А.И. Петров // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2015. – № 3. – С. 21-27.

4. Питеркин, И.В. Организация уличного движения и безопасности в Санкт-Петербурге (Ленинграде) в XVIII - первой трети XX вв. Историко-правовой аспект: диссертация…канд. юрид. наук: 12.00.01 / И.В. Питеркин. – Санкт-Петербург, 1997. – 21 с.

5. Рифицкий, Г.П. Безопасность дорожного движения в России: история и современность / Г.П. Рифицкий. – М.: Книжный мир, 2005. – 265 с.

6. Полный свод законов Государства Российского. Т. 2. – Санкт-Петербург, 1830. – № 902. – С. 367.

7. Полный свод законов Государства Российского Т. 2. – Санкт-Петербург, 1830. – № 902. – С. 490.

8. Полный свод законов Государства Российского Т. 6. – Санкт-Петербург, 1830. – № 3633. – С. 233.

9. Полный свод законов Государства Российского Т. 6. – Санкт-Петербург, 1830. – № 3676. – С. 264.

10. Войтенков, Е.А. Историко-правовые особенности и этапы становления отечественной системы обеспечения безопасности дорожного движения / Е.А. Войтенков // Общество и право. – 2010. – № 3 (30). – С. 17-28.

11. Полный свод законов Государства Российского Т. 6. – Санкт-Петербург, 1830. – № 5940. – С. 621.

12. Полный свод законов Государства Российского Т. 6. – Санкт-

Петербург, 1830. – № 7460. – С. 42.

13. Уложение о наказаниях уголовных и исправительных. – Санкт-Петербург, 1845. – 75 с.

14. Войтенков, Е.А. Государственно-правовое обеспечение безопасности дорожного движения в России: исторический опыт и перспективы: автореф. дис… д-ра юрид. наук: 12.00.01 / Е.А. Войтенков. – Москва, 2014. – 45 с.

15. Жанказиев, С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов: автореферат дис. … д-ра. техн. наук: 05.22.10 / С.В. Жанказиев. – Москва, 2012. – 43 с.

16. Дядюн, К.В. Учет состояния опьянения при регламентации уголовной ответственности за транспортные преступления / К.В. Дядюн // Российский судья. – 2019. – № 2. – С. 22-27.

17. Чудаков, Е.А. Влияние боковой эластичности колес на устойчивость автомобиля против заноса / Е.А. Чудаков. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1948. – 92 с.

18. Чудаков, Е.А. Боковая устойчивость автомобиля при торможении / Е.А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1952. – 184 с.

19. Афанасьев, А.А. Конструктивная безопасность автомобиля / А.А. Афанасьев, А.Б. Дьяков, В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1983. – 214 с.

20. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 272 с.

21. Великанов, Д.П. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов. – М.: Транспорт, 1998. – 323 с.

22. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий / Э.Р. Домке. – М.: Изд. центр «Академия», 2009. – 288 с.

23. Евтюков, С.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Справочник / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – Санкт-Петербург: Изд-во ДНК, 2006. – 536 с.

24. Евтюков, С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование,

реконструкция, экспертиза / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – Санкт-Петербург: Изд-во ДНК, 2008. – 392 с.

25. Евтюков С.С. Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз; дис. … д-ра. техн. наук: 05.22.10 / С.С. Евтюков. – Санкт-Петербург, 2020. – 355 с.

26. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы и типология водителей / С. В. Жанказиев // Сборник материалов трудов конференции. От истоков к современности. – М.: Изд-во Когито-центр, 2015. – С. 321-323.

27. Жанказиев, С.В. Основные научные подходы к разработке нештатных режимов управления ИТС / С.В. Жанказиев, А.И. Воробьев, М.В. Гаврилюк // Наука и техника в дорожной области. – 2017. − № 3(81). − С. 24-27.

28. Зырянов, В.В. Методы формирования региональных транспортно-логистических систем / В.В. Зырянов, В.П. Миронюк, А.В. Шабанов.– Ростов-на-Дону: Изд-во РГСУ, 2004. – 174 с.

29. Зырянов, В.В. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения / В.В. Зырянов, В.Г. Кочерга, М.Н. Поздняков // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 1(32). – С. 54-59.

30. Иванов, В.Н. Активная и пассивная безопасность автомобилей / В.Н. Иванов. – М.: Высшая школа, 1994. – 518 с.

31. Иларионов, В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 258 с.

32. Клинковштейн, Г.И., Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.

33. Клявин В.Э. Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения; дис. … д-ра. техн. наук: 05.22.10 / В.Э. Клявин. – Липецк, 2017. – 331 с.

34. Колесов, В.И. Модификация закона Смида / В.И. Колесов, // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 6. – С. 54-55.

35. Колесов, В.И. Использование ранговых распределений при анализе

безопасности дорожного движения / В.И. Колесов, А.И. Петров // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Тюмень. – 2014. – С. 258-263.

36. Колесов, В.И. Анализ транспортной культуры населения / В.И. Колесов, А.И. Петров // Транспорт: наука, техника, управление (научный информационный сборник). – 2015. – № 6. – С. 20-22.

37. Колесов, В.И. Кибернетическое моделирование в задачах управления безопасностью дорожного движения / В.И. Колесов, А.И. Петров // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ. – 2016. – С. 372-378.

38. Колесов, В.И. Концептуальные аспекты управления безопасностью дорожного движения / В.И. Колесов // Транспорт: наука, техника, управление (научный информационный сборник). – 2016. – № 4. – С. 44-51.

39. Комаров, Ю.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий в примерах и задачах / Ю.А.Комаров, С.В. Ганзин, Р.А. Жирков, Н.К. Клепик, Д.Ю. Комаров – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 290 с.

40. Кондратьев, В.Д. Комплексное оценивание в области безопасности дорожного движения / В.Д. Кондратьев, А.В. Щепкин. – М.: Изд-во Института проблем управления им. В.А. Трапезникова, 2002, – 51 с.

41. Кондратьев, В.Д. Модели и методы управления безопасностью дорожного движения: диссертация ... докт. техн. наук: 05.13.10 / В.Д. Кондратьев. – Воронеж. 2008. – 213 с.

42. 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.

43. Коноплянко, В.И. Организация и безопасность дорожного движения / В.И. Коноплянко. – М..: Транспорт, 2002. – 182 с.

44. Коноплянко, В.И. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения / В.И. Коноплянко, В.В. Зырянов, Ю.В. Воробьев. – М.:

Высшая школа, 2005. – 216 с.

45. Корчагин, В.А. Определение степени влияния факторов на вероятность возникновения ДТП / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин, А.А. Суворов, М.В. Зеленцов // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2010. – С. 185-189.

46. Корчагин, В.А. Ноосферологические подходы создания социоприродоэкономических транспортно-логистических систем / В.А. Корчагин, Ю.Н. Ризаева // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 1. – С. 45-48.

47. 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.

48. Корчагин, В.А. Метод комплексной оценки уровня безопасности дорожного движения на дорожной сети / В.А. Корчагин, А.К. Погодаев, В.Э. Клявин, В.А. Суворов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2016. - № 2(45). – С. 88-94.

49. Корчагин, В.А. Экспертная система в решении задач повышения безопасности дорожного движения / В.А. Корчагин, В.Э. Клявин //Автомобиль, дорога, инфраструктура. – 2016. – № 4(10). – С. 9.

50. Корчагин, В.А. Сложные саморазвивающиеся транспортные системы / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, С.А. Ляпин, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – № 2(53). – С. 110-116.

51. Корчагин, В.П., Экономическая оценка ущерба от людских потерь / В.П. Корчагин, В.Л. Нарожная // Проблемы прогнозирования. – 1998. – № 5. – С. 13-22.

52. Кравченко, П.А. Организационный и технологический ресурс проблемы обеспечения безопасности дорожного движения / П.А. Кравченко, А.Г. Воробьев // Транспорт Российской Федерации. – 2008. – № 2(15) – С. 44-49.

53. Кравченко, П.А. Об инновационных технологиях в сфере обеспечения

безопасности дорожного движения / П.А. Кравченко // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 5(30) – С. 31-34.

54. Кравченко, П.А. Концепция полной наблюдаемости систем обеспечения безопасности дорожного движения / П.А. Кравченко, Е.М. Олещенко // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – Специальный выпуск. – С. 25-31.

55. Кравченко, П.А. Системность, компетентность, ответственность – ключевые факторы обеспечения безопасности дорожного движения в России / П.А. Кравченко, Е.М. Олещенко // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – № 4(65). – С. 56-61.

56. Кравченко, П.А. Механизмы реализации государственной концепции обеспечения безопасности дорожного движения / П.А. Кравченко, Е.М. Олещенко, В.Н. Добромиров // Вестник гражданских инженеров. – 2017. - № 6(65). – С. 280-284.

57. Кравченко, П.А. Цифровое моделирование систем управления безопасностью дорожного движения / П.А. Кравченко, А.М. Плотников, Е.М. Олещенко // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: материалы XIII международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ. – 2018. – С. 405-412.

58. Кравченко, П.А. О цифровых технологиях обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации / П.А. Кравченко, А.М. Плотников, Е.М. Олещенко // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 4 (77). – С. 18-22.

59. Кравченко, П.А. Системный подход в управлении безопасностью дорожного движения / П.А. Кравченко, Е.М. Олещенко // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 2 (75). – С. 14-18.

60. Куракина Е.В. Методология повышения безопасности дорожного движения по критерию «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях: диссертация…д-ра. техн. наук: 2.9.5 / Е.В. Куракина. – Санкт-Петербург, 2022. – 424 с.

61. Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов. – Москва: Транспорт, 1990. – 239 с.

62. Лукьянов, В.В. Безопасность дорожного движения / В.В. Лукьянов. – М.: Транспорт, 1983. – 262 с.

63. Новиков И.А. Методология прогнозирования и предупреждения дорожно-транспортных происшествий: диссертация…д-ра. техн. наук: 05.22.10 / И.А. Новиков. – Орел, 2019. – 305 с.

64. Олещенко, Е.М. Мировой опыт в области обеспечения безопасности дорожного движения: малозатратные и быстрореализуемые мероприятия / Е.М. Олещенко, Е.А. Сваткова // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 4(29). – С. 36-41.

65. Пегин, П.А. Автотранспортная психология / П.А. Пегин. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2005. – 214 с.

66. Пегин, П.А. Статистический анализ влияния эффекта солнечного ослепления на тяжесть дорожно-транспортных происшествий / П.А. Пегин // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. – № 1(16). – С. 99-108.

67. Пегин, П.А. Особенности обучения специалистов автомобильной отрасли основам транспортной безопасности / П.А. Пегин, А.В. Карбышев // Проблемы высшего образования. – 2015. - № 1. – С. 202-204.

68. Плотников А.М. Методология обеспечения безопасности движения на регулируемых пересечениях улично-дорожных сетей мегаполисов: диссертация…д-ра. техн. наук: 05.22.10 / А.М. Плотников. – Санкт-Петербург, 2016. – 475 с.

69. Пугачев, И.Н., Организация и безопасность дорожного движения / И.Н. Пугачев, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. – М.: Изд. центр Академия, 2009. – 272 с.

70. Романов, А.Н. Автотранспортная психология / А.Н. Романов. – М.: Академия, 2002. – 224 с.

71. Романов, А.Н. Надежность водителя / А.Н. Романов, П.А. Пегин. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2006. – 375 с.

72. Рябчинский, А.И. Пассивная безопасность автотранспортных средств / А.И. Рябчинский. – М.: МАДИ, 2016. – 156 с.

73. Самойлов, Д.С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / Д.С. Самойлов, В.В. Шестокас. – М.: Транспорт, 1997. – 205 с.

74. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.

75. Федоров, В.А., О концепции государственной системы управления безопасностью дорожного движения / В.А. Федоров, П.А. Кравченко // Организация и безопасность дорожного-движения в крупных городах: материалы 4-ой международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ. – 2000. – С. 3-9.

76. Федоров, В.А. Законодательное обеспечение деятельности по предупреждению ДТП в России нуждается в срочном «капитальном ремонте» / В.А. Федоров, П.А. Кравченко // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 1(44). – С. 8-19.

77. Шевцова А.Г. Методология управления городскими транспортными потоками на основе обеспечения безопасности дорожного движения: диссертация…д-ра. техн. наук: 2.9.5 / А.Г. Шевцова. – Орел, 2022. – 305 с.

78. Жулев, В.И. Уголовная ответственность за ДТП / В.И. Жулев, С.И. Гирько // Юридический Консультант. – 1997. – № 7. – С. 18-22.

79. Жулев, В.И. Расследование дорожно-транспортных происшествий / В.И. Жулев, Е.А. Краенский, С.И. Гирько. – М.: ВНИИ МВД СССР, 1991. – 95 с.

80. Жулев, В.И. Уголовная ответственность за нарушения правил безопасности движения автотранспорта: автореф. дис. ... канд. юрид. наук / В.И. Жулев. – М.: Высшая школа МООП РСФСР, 1965. – 16 с.

81. Жулев, В.И. Транспортные преступления. Комментарий законодательства / В.И. Жулев. – М.: Спарк, 2001. – 190 с.

82. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза / Ю.Б. Суворов. – М.: Экзамен, 2003. – 208 с.

83. Быков, А.А., Управление риском: оценка натурального и экономического ущерба для здоровья от техногенных воздействий / А.А. Быков, Г.И. Кудрявцев // Проблемы региональной экологии. – 1997. – № 4. – С. 18-24.

84. Быков, А.А. К проблеме оценки социально-экономического ущерба с использованием показателя цены риска / А.А. Быков, М.И. Фалеев // Проблемы анализа риска. – 2005. – Том 2. – № 2. – С. 114-131.

85. Быков, А.А. О методологии экономической оценки жизни среднестатистического человека (пояснительная записка) / А.А. Быков // Проблемы анализа риска. – 2007. – Том 4. – № 2. – С. 178-191.

86. Зубец, А.Н. Оценка «стоимости» человеческой жизни с учетом морального ущерба / А.Н. Зубец // Вестник Финансового университета. – 2016. – № 2 (22) – С. 16-24.

87. Капелюшников, Р.И. Сколько стоит человеческий капитал России? / Р.И. Капелюшников. – М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2012. – 324 с.

88. Карабчук, Т.С. Как оценить стоимость жизни? / Т.С. Карабчук, М.В. Никитина, В.П. Ремезкова, Н.Э. Соболева // Экономическая социология. – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 89-106.

89. Карабчук, Т. С. Исследование зарубежных методик и отечественных практик определения экономического ущерба, наносимого гибелью в результате ДТП / Т.С. Карабчук, А.А. Моисеева, Н.Э. Соболева // Экономическая социология. – 2015. – Т. 16. – № 5. – С. 77-101.

90. Колесникова, Д.М. Оценка социально-экономических общественных потерь от ДТП в России / Д.М. Колесникова, Т.С. Карабчук, Д.В. Сальникова, Т.А. Фаттахов // Вопросы экономики. – 2016. - № 6. – С. 131-146.

91. Кручинина, И.А., К вопросу об оценке стоимости человеческой жизни / И.А. Кручинина, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2003. – № 4. – С. 72-75.

92. Полозков, М.Г. Методологические особенности оценки экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий / М.Г. Полозков, С.А. Аблалиев, Д.К. Саканов, Д.А. Аспанбетов // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. – 2016. - № 7-8(60). – С. 61-93.

93. Прохоров, Б.Б., Оценка стоимости статистической жизни и экономического ущерба от потерь здоровья / Б.Б. Прохоров, Д.И. Шмаков //

Проблемы прогнозирования. – 2002. – № 3. – С. 28-39.

94. Блинкин, М.Я. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции / М.Я. Блинкин, Е.М. Решетова. – М.: Изд. дом ВШЭ, 2013. – 240 с.

95. Smeed, R.J. Some Statistical Aspects of Road Safety Research / R.J. Smeed // Journal Royal Statistics. – 1949. – A(I). – Pp. 1-34.

96. Smeed, R.J. The Traffic Problem in Towns / R.J. Smeed. – Manchester: Manchester Statistical Society, 1961. – 59 p.

97. Smeed, R.J. Variation in the pattern of accident rates in different countries and their causes / R.J. Smeed // Traffic Engineering and Control. – 1968. – Pp. 364-371.

98. Smeed, R.J. Effects of changes in motorisation in various countries on the number of road fatalities / R.J. Smeed // Traffic Engineering and Control. – 1970. – Pp. 150-151.

99. Smeed, R.J. The usefulness of formulae in traffic engineering and road safety / R.J. Smeed // Accident Analysis and Prevention. – 1972. – Vol. 4. – Pp. 303-312.

100. Adams, J.G.U. Risk and Freedom: the Record of Road Safety Regulation / J.G.U. Adams. – Cardiff: Transportation Publishing Projects, 1985. – 208 p.

101. Adams, J.G.U. Risk / J.G.U. Adams. – London: UCL Press, 1995. – 241 p.

102. Adams, J.G.U. Smeed's Law: Some Further Thoughts / J.G.U. Adams // Traffic Engineering and Control (Feb). – N.Y.: Plenum, 1987. – Pp. 70-73.

103. Cummins, G. The History of Road Safety. Drive and Stay Alive / G. Cummins. – 2003. – URL: http:// www. driveandstayalive.com/info%20section/history/ history.htm.

104. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – Москва: Транспорт, 1972. – 424 с.

105. Drew, D.R. Traffic Flow Theory and Control / D.R. Drew. – N.Y.; St. Louis; San Francisco; Toronto; London; Sidney: McGrow-Hill Book Company, 1968. –467 p.

106. Gazis, D. Traffic Flow and Control. Theory and Application / D. Gazis // American Scientist. – 1972. – Vol. 60. – Pp. 414-424.

107. Gazis, D.C. Car-Following Theory of Steady-State Traffic Flow / D.C.

Gazis, R. Herman, R.B. Potts // Operations Research. – 1959. – Vol 7. – № 4. –Pp. 499-505.

108. Haddon, W. Jr. A Logical Framework for Categorizing Highway Safety Phenomena and Activity / W. Haddon Jr. // Journal of Trauma. – 1972. – Vol. 12. – Pp. 193-207.

109. Haddon, W. Jr. The Changing Approach to the Epidemiology, Prevention and Amelioration of Trauma: The Transition to Approaches Etiological Rather than Descriptively Based / W. Haddon Jr. // American Journal of Public Health. – 1968. – Vol. 58. – Pp. 1431-1438.

110. Haight, F.A. Mathematical Theory of Traffic Flow / F.A. Haight. – N.Y.: Academic Press, 1963. – 242 p.

111. Haight, F.A. The Volume Dansity Relation in the Theory of Road Traffic / F.A. Haight // Operation Research. – 1960. – Vol. 8. – № 4. – Pp. 572-573.

112. Prigogine, I. Kinetic Theory of Vehicular Traffic / I. Prigogine, I., R. Herman. – N.Y.: Elsevier, 1971. – 100 p.

113. Пригожин, И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – Москва: Прогресс, 1986. – 432 с.

114. Пригожин, И. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы / И. Пригожин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. – 208 с.

115. Prigogine, I. Order Out of Chaos / I. Prigogine, I. Stengers. – Toronto, New York, London, Sydney: Ban-tam Books, 1984. – 285 p.

116. Inose, H. Road Traffic Control / H. Inose. – Tokyo: University of Tokyo Press, 1975. – 331 c.

117. Иносэ, Х., Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Т. Хамада. – Москва: Транспорт, 1983. – 248 с.

118. Jones, D. Urban Transit Police: an Economic and Political History / D. Jones. – Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1985. – 182 c.

119. Mueller, E.A. Aspects of the History of Traffic Signals / E.A. Mueller // IEEE Transactions on Vehicular Technology. – 1970. – Vol. VT-19. – № 1. – Pp. 6-17.

120. Polya, G. Mathematics and Plausible Reasoning / G. Polya. – N.J.: Princeton University Press, 1954.

121. Wilde, G.J.S. Economics and accidents: A commentary / G.J.S. Wilde // Journal of Applied Behaviour Analysis. – 1991. – Vol. 24. – Pp. 81-84.

122. Wilde, G.J.S. Target Risk Dealing with the danger of death, disease and damage in everyday decisions / G.J.S. Wilde. – Toronto: PDE Publications, 1994. – 234 c.

123. Wilde, G.J.S. Target Risk 3. Risk Homeostasis in Everyday Life / G.J.S. Wilde. – URL: https://is.muni.cz/el/1423/podzim2016/PSY540/um/64998189/64998284/targetrisk3_1.pdf.

124. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск: Изд-во БНТУ, 2006. – 239 с.

125. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский. – Минск: Изд-во БНТУ, 2008. – 243 с.

126. Капский, Д.В. Методология повышения безопасности движения в городских очагах аварийности: принципы и способы / Д. В. Капский // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 3(57). – С. 59-65.

127. Капский, Д.В. Системный подход к повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д.В. Капский // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 2. – С. 99-105.

128. Капский, Д.В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности: автореф. дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.10 / Д.В. Капский. – Минск, 2013. – 53 с.

129. Капский, Д.В. Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности: диссертация ... докт. техн. наук: 05.22.10 / Д.В. Капский. – Минск, 2013. – 462 с.

130. Капский, Д.В. Мероприятия по повышению безопасности дорожного движения в очагах аварийности / Д.В. Капский, С.Н. Карасевич, С.А. Аземша // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2014. – № 1(28). – С. 33-39.

131. Капский, Д.В. Аудит безопасности дорожного движения / Д.В. Капский, С.А. Аземша, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский, С.В. Скирковский, А.В. Коржова, А.С. Красильникова, Н.С. Муравьева, С.Н. Артюшевская. – Минск: Изд-во БНТУ, 2015. – 428 с.

132. Капский, Д.В. Особенности оценки транспортно-пешеходного конфликта на перекрестках / Д.В. Капский, П.А. Пегин, В.А. Корчагин // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2015. – № 2(37). – С. 129-136.

133. Аземша, С.А. Анализ дорожно-транспортных происшествий, совершенных по вине водителей городского маршрутного пассажирского транспорта, статистическими методами / С.А. Аземша, В.Н. Галушко // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса». – Минск: БГУТ. – 2013. – С. 60-61.

134. Аземша, С.А. Применение научных методов в повышении безопасности дорожного движения / С.А. Аземша, А.Н. Старовойтов. – Гомель: Изд-во БГУТ, 2017. – 191 с.

135. Аземша, С.А. Расчет описательных статистик переменных глобального отчета ООН о состоянии безопасности дорожного движения в мире / С.А. Аземша, А.П. Цалко // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2018.– № 1(36). – С. 30-40.

136. Blincoe, L.J. The Economic and Societal Impact of Motor Vehicle Crashes, 2010. Revised Report № DOT HS 812013 / L.J. Blincoe, T.R. Miller, E. Zaloshnja, B.A. Lawrence. – Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration. 2015. – 305 c.

137. Corso, P. Incidence and Lifetime Costs of Injuries in the United States / P. Corso // Injury Prevention. – 2006. – № 12(4). – Pp. 212-218.

138. Janssen, W.H. The economy of risk; or, what do I get for my error? / W.H. Janssen // Ergonomics. – 1990. – № 33. – Pp. 1333-1348.

139. Krupnick, A. Resources for the Future’s Health Benefits Models. Report of

Resources for the Future / A. Krupnick. – N.W.; Washington D.C. – 1994.

140. Viscusi, W. Fatal Tradeoffs: Public and Private Responsibilities for Risk / W. Viscusi. – New York, Oxford: Oxford University Press. – 1995. – 306 p.

141. Viscusi, W.K. Anchoring Biases in International Estimates of the Value of a Statistical Life / W.K. Viscusi, C. Masterman // Journal of Risk and Uncertainty. – 2017. – № 54(3).

142. Wagenaar, A.C. Effects of macro-economic conditions on the incidence of motor vehicle accidents / A.C. Wagenaar // Accident Analysis and Prevention. – 1984. – № 16. Pp. 191-205.

143. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 год. – URL: http://static.government.ru/media/files/g6BXGgDI4fCEiD4xDdJUwlxudPATBC12.pdf.

144. IRTAD Annual Road Safety Report 2020. – URL: https://www.nrso. ntua.gr/irtad-annual-road-safety-report-2020/.

145. Конституция Российской Федерации. – URL: http://kremlin.ru/acts/constitution.

146. Постановление Правительства РФ от 20.02.2006 г. № 100 «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2006-2012 годах». – URL: http://base.garant.ru/189189/#ixzz5ab8m0GvR.

147. Постановление Правительства РФ от 3.10.2013 г. № 864 «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013 - 2020 годах» (с изменениями и дополнениями). – URL: http://base.garant.ru/70467076/#ixzz5ab8RctP6.

148. Указ Президента Российской Федерации от 14.11.2025 № 841 "Об утверждении Стратегии повышения безопасности дорожного движения в Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года" – URL: http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202511140022.

149. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации в 2023 году. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024. – 154 с. – URL: https://media.mvd.ru/files/embed/5767457.

150. Состояние и тенденции безопасности дорожного движения в Российской Федерации в 2011-2020 годах. Аналитический обзор. – М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2022. – 368 с. – URL: https://media.mvd.ru/files/embed/4480509.

151. Госавтоинспекция МВД России. Официальный интернет-сайт. Показатели состояния безопасности дорожного движения. – URL: https://www.gibdd.ru/stat/.

152. Амбарцумян, В.В. Безопасность дорожного движения. Том 1. Безопасность водителей и участников дорожного движения / В.В. Амбурцамян – М.: Издательство МАДИ, 2008. – 350 с.

153. Безопасность дорожного движения. Учебно-методическое обеспечение дополнительного профессионального образования специалистов автомобильного транспорта / О.Н. Съедин [и др.]. – М.: Трансконсалтинг, 2014. – 272 с.

154. Буйленко, В.Я. Психологические особенности человека при управлении автомобильным транспортом / В.Я. Буйленко, С.В. Жанказиев, В.Н. Дементиенко, Ю.А. Короткова, М.В. Гаврилюк. – М.: Издательство МАДИ, 2017. – 172 с.

155. Вандербильт, Т. Трафик. Психология поведения на дорогах / Т. Вандербильт. – М.: Манн, Иванов и Фарбер; Эксмо, 2013. – 432 с.

156. Демкин, А. Снижение смертности в ДТП: чем на самом деле нужно заняться / За рулем. – URL: https://www.zr.ru/content/articles/820937-snizhenie-smertnosti-pri-dtp-v-rossii-chem-na-samom-dele-nuzhno-zanyatsya/?ysclid=ldlr8znunp403998983.

157. Доклад ВОЗ о состоянии безопасности дорожного движения в мире: Краткий обзор. 2009. – URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70041/WHO_NMH_VIP_09.01_rus.pdf?sequence=5&ua=1.

158. Доклад НИУ ВШЭ «Безопасность дорожного движения в России: современное состояние и неотложные меры по улучшению ситуации. 2013» / М.: НИУ ВШЭ, 2013. – 25 с.

159. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации 2015 г. – URL: http://ac.gov.ru/files/publication/a/7198. pdf.

160. Дружинин, В.В. Введение в теорию конфликта / В.В. Дружинин, В.В. Конторов. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.

161. Карева, В.В. Теория и практика управления безопасностью дорожного движения: факторы, методы, инструменты / В.В. Карева, П.П. Володькин. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2007. – 155 с.

162. Клебельсберг, Д. Транспортная психология / Д. Клебельсберг. – М.: Транспорт, 1989. – 367 с.

163. Коган, А.Б. Биологическая кибернетика / А.Б. Коган, Н.П. Наумов, В.Г. Режабек, О.Г. Чораян. – М.: Высшая школа, 1972. – 384 с.

164. Ротенберг, Р.В. Основы надежности системы Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда / Р.В. Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.

165. Маринов, М.Л. Моделирование механизма принятия решений специалистами и руководителями транспортной отрасли в нормальной обстановке и экстремальных ситуациях / М.Л. Маринов, П.А. Пегин, Д.А. Скороходов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2016. – № 4(43). – С. 61-72.

166. Гонки Формула-1. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%80%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B0-1.

167. Гонки 24 часа Ле-Мана. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/24_%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%B0_%D0%9B%D0%B5%D0%9C%D0%B0%D0%BD%D0%B0.

168. Научный центр безопасности дорожного движения. Аналитические обзоры состояния безопасности дорожного движения**.** – URL: https://нцбдд.мвд.рф/%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81%D1%8B/%D0%BE%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%8B%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8.

169. Журнал «За рулем». Официальный интернет-сайт. Опрос ЗР: Ездим не по правилам, а по понятиям. – URL: https://www.zr.ru/content/news/653178-opros-zr-ezdim-ne-po-pravilam-a-po ponyatiyam/#comments.

170. Стало известно, на какую сумму россияне нарушили ПДД в 2021 году.

– URL: https://news.drom.ru/87605.html.

171. Год рекордных штрафов. – URL: https://www.gazeta.ru/auto/2016/01/21_a_8033705.shtml?ysclid=lcfwj1d9od125155327.

172. Petrov A.I. Seasonal Features of the Behavior of Russian Drivers: Road Safety and Statistics of Photo and Video Recording of Speed Violations / A.I. Petrov, V.A. Svistunova // Transportation Research Procedia. – 2022. – Vol. 61. – Pp. 510-517.

173. Какие правила водители нарушают чаще всего. И как на это влияют дорожные камеры. – URL: https://journal.tinkoff.ru/pdd-stat/?ysclid=lcfxc3pses870528689.

174. Антомонов, Ю.Г. Моделирование биологических систем / Ю.Г. Антомонов. – Киев: Наукова думка, 1977. – 259 с.

175. Бреер, В.В. Стохастические модели управления толпой / В.В. Бреер, Д.А. Новиков, А.Д. Рогаткин // Управление большими системами. – 2014. – № 52. – С. 85-117.

176. Шкуматов, П. Водителей – в черный список / П. Шкуматов. // За рулем. – 2019. – № 6(1056). – С. 16.

177. Официальный сайт ВЦИОМ. – URL: https://wciom.ru/.

178. Гринченко, С.Н. Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы) / С. Н. Гринченко. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 456 с.

179. Европейский доклад о состоянии безопасности дорожного движения, Копенгаген, Европейское региональное бюро ВОЗ, 2009. – 173 с. – URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/111151/E92789R.pdf.

180. Короленко, А.В. Модели самосохранительного поведения населения: подходы к изучению и опыт построения / А.В. Короленко // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 248-263.

181. Кузьминов, А.Н. Управление в социально-технических системах на основе моделирования ценозов: теория, методология, инструментарий: автореф. докт. экон. наук.: 05.13.10 / А.Н. Кузьминов. – Ростов-на-Дону. 2009. – 55 с.

182. Кузьминов, А.Н. Концептуальная модель ценологического управления

в социально-экономических системах / А.Н. Кузьминов // TERRA ECONOMICUS (Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2009. Том 7. – № 2. – С. 28-32.

183. Кузьминов, А.Н. Релятивистская модель социодинамики в ценозах / А. Н. Кузьминов // Вестник ЮРГТУ. – 2009. – № 1. – С. 30-34.

184. Левич, А.П. Искусство и метод в моделировании систем / А.П. Левич. – Москва - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2012. – 728 с.

185. Шевченко, Е.В. Основы кибернетики и биокибернетики / Е.В. Шевченко, Л.К. Воронова. – Иркутск: Изд-во ИГМУ, 2010. – 48 с.

186. Шуровьески, Д. Мудрость толпы / Д. Шуровьески. – М.: Вильямс, 2007. – 304 с.

187. Surowiecki, J. The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few and How Collective Wisdom Shapes Business, Economies, Societies and Nations / J. Surowiecki. – New York: Doubleday, 2004. – 336 p.

188. Гнатюк, В. И. Лекции о технике, техноценозах и техноэволюции / В. И. Гнатюк. – Калининград: КВИ ФПС РФ, 1999. – 84 с.

189. Гнатюк, В.И. Оптимальное построение техноценозов. Теория и практика / В.И. Гнатюк. – М.: Центр системных исследований, 1999. – 272 с.

190. Гнатюк, В.И. Философские основания техноценологического подхода / В.И. Гнатюк. – Калининград: Изд-во КИЦ «Техноценоз», 2014. – 284 с.

191. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов / В.И. Гнатюк. – Калининград: Изд-во КИЦ «Техноценоз», 2014. – 883 с.

192. Кудрин, Б.И. Исследования технических систем как сообществ изделий – техноценозов / Б. И. Кудрин // Системные исследования: методологические проблемы. Ежегодник 1980. – М.: Наука, 1981. – С. 236-254.

193. Кудрин, Б.И. Проблемы создания и управления ценозами искусственного происхождения / Б.И. Кудрин // Кибернетические системы ценозов: Синтез и управление. – М.: Наука, 1991. – С. 5-17.

194. Петров, А.И. Техноценозы, социоценозы, ранговые и Парето-распределения в оценке региональных особенностей безопасности дорожного

движения / А.И. Петров. – Тюмень: ТИУ, 2019. – 179 с.

195. Электронная база данных «Национальные менталитеты». – URL: http://www.national-mentalities.ru/diversity/.

196. Зубаревич, Н.В. Стратегия 2020. Тренды и приоритеты пространственного развития // Официальный сайт экспертных групп по обновлению «Стратегии – 2020». – URL: http://strategy2020.rian.ru/news/20110404/361067164.html.

197. Минэкономразвития РФ. Официальный интернет-сайт. – URL: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/planning/sd/.

198. Федеральный закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». – URL: http://base.garant.ru/70684666/.

199. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 г. с прогнозом до 2036 г. – URL: http://government.ru/docs/all/157308/.

200. Курушина, Е.В. Современные парадигмы пространственного развития / Е.В. Курушина // Вестник КемГУ. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2018. – № 1. – С. 117-122.

201. Росстат. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: http://www.gks.ru/.

202. Симонова, Л.М. Пространственное стратегирование России / Л.М. Симонова, И.А. Ефремова // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. – 2016. – Том 2. – № 4. – С. 161-174.

203. Петров, А.И. Автотранспортная аварийность как идентификатор качества жизни граждан / А.И. Петров // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 3(45). – С. 154-172.

204. Petrov, A.I. Road traffic accident rate as an indicator of the quality of life / A.I. Petrov // Economic and social changes: facts, trends, forecast. – 2016. – № 3(45). – Pp. 154-172.

205. Petrov, A.I. Spatial and logical model of American electorate political choice

formalization: experience for Russia / A.I. Petrov // Economic and social changes:facts, trends, forecast. – 2017. – T.10. – № 2. – Pp. 109-129.

206. Petrov, A.I. Heterogeneity of road traffic accident rate in the Russian cities and the need of usage various methods of transport safety management / A.I. Petrov, D.A. Petrova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – 90. – 012058.

207. Petrov, A.I. Specific features of goal setting in road traffic safety / V.I. Kolesov, O.F. Danilov, A.I. Petrov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – 90. – 012059.

208. Рейтинг регинов по качеству жизни (2025) РИА «Рейтинг». – URL: https://riarating.ru/infografika/20260224/630292498.html.

209. Индекс человеческого развития (ИЧР): региональные различия (2021). – URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/2022/_2021_long.pdf.

210. Аналитический отчет DISCOVERY Research group «Парк легковых автомобилей (Категория B) отечественных и зарубежных марок на 1.01.2008: по маркам и моделям». – URL: https://drgroup.ru/31-analiz-parka-legkovix-avtomobilei-kategoriya-b-otechest-vennix-i-zarubejnix-marok-po-markam-i-modelyam.html.

211. Газета «Российская газета. Официальный интернет-сайт. Названы самые молодые и самые возрастные регионы страны. – URL: https://rg.ru/2017/02/06/nazvany-samye-molodye-i-samye-vozrastnye-regiony-strany.htm.

212. ГОСТ 16350-80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. – URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-16350-80.

213. Доклад Центра стратегических исследований Приволжского Федерального округа «Россия: принципы пространственного развития. 2004». – URL: http://www.glazychev.ru/projects/2004_prostrazv/2004_docladprostrazv_oglav.htm.

214. Итоги переписи населения Российской Федерации 2010. – URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/Documents/Vol2/pub-0202.pdf.

215. Официальный сайт переписи населения Российской Федерации 2002. – URL: http://www.perepis2002.ru/index.html?id=76.

216. Районирование территории России по условиям проживания с позиции климатических условий. – URL: http://travelask.ru/questions/112869-v-kakih-klimaticheskih-poyasah-nahoditsya-rossiya?author.

217. Чубуков, А.Б. Методология оценки состояния дорожно-транспортной аварийности в регионах Российской Федерации: диссертация ... докт. техн. наук: 05.22.10 / А.Б. Чубуков. – Орел. 2015. – 298 с.

218. Аджемоглу, Д. Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и нищеты / Д. Аджемоглу, Д. А. Робинсон. – М.: Изд-во АСТ, 2015. – 693 с.

219. Стародубов, В.И. Типология российских территорий по уровню смертности от транспортных происшествий / В.И. Стародубов, В.Н. Боровков // Моделирование в здравоохранении. – 2010. – № 4. – С. 39-47.

220. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств (с Изменениями № 1, 2, 3). – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200038798.

221. ГОСТ Р 52289-2019 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств». – URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/9432/GOSTR52289-2019.pdf?ysclid=lctbtg6pb5155135622.

222. Императивы развития транспортных систем городов России: докл. к XXI междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2020 г. / М.Я. Блинкин, Т.В. Кулакова, П.В. Зюзин и др.; под общ. ред. М.Я. Блинкина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. – 44 с.

223. Большая советская энциклопедия: в 50 т. Изд. 2-е. / Б.А. Введенский и [др]. – М.: Советская энциклопедия, 1956. – Т. 39. – 664 с. – Система. – С. 158.

224. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов. – М.: Советская энциклопедия, 1970. – 900 с.

225. Философский энциклопедический словарь / Л.Ф Ильичев и [др]. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – 840 с. – Система. – С. 435.

226. Новый политехнический словарь / А. Ю. Ишлинский и [др]. М.: Большая российская энциклопедия, 2000. – 671 с. – Система. – С. 478.

227. фон Берталанфи, Л. Общая теория систем: критический обзор. В сборнике переводов Исследования по общей теории систем / Л. Фон Берталанфи. – М.: Прогресс, 1969. – 520 с.

228. von Bertalanffy, L. General System Theory – A Critical Review / von L. Bertalanffy // General Systems. – 1962. – Vol. VII. – Pp. 1-20.

229. Волкова, В.Н. Основы теории систем и системного анализа: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Системный анализ и управление» / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 510 с.

230. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби. – М.: Изд-во иностр. лит., 1959. – 432 с.

231. Черняк, Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой / Ю.И. Черняк. – М.: Экономика, 1975. – 191 с.

232. Растригин, Л.А. Адаптация сложных систем / Л.А. Растригин,. – Рига: Зинатне, 1981. – 375 с.

233. Коломейченко, М.И. Выделение сообществ в графе взаимодействующих объектов / М.И. Коломейченко, И.В. Поляков, А.А. Чеповский, А.М. Чеповский // Фундаментальная и прикладная математика. – 2016. – Том 21. – № 3. – С. 131-139.

234. Коломейченко, М.И. Алгоритм выделения сообществ в социальных сетях / М.И. Коломейченко, А.А. Чеповский, А.М. Чеповский // Фундаментальная и прикладная математика. – 2014. – Том 19. – вып. 1. – С. 21-32.

235. Боулдинг, К. Общая теория систем – скелет науки / К. Боулдинг. – М.: Наука, 1969.

236. Колесников, А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза / А.А. Колесников. – М.: URSS, 2019. – 240 с.

237. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.

238. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.

239. Тырсин, А.Н. Векторное энтропийное моделирование многомерных стохастических систем / А.Н. Тырсин. – М.: Наука, 2022. – 231 с.

240. Кафидов, В.В. Исследование систем управления: Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е. / В.В. Кафидов. – Москва: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2007. – 235 с.

241. Черняк, Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой / Ю.И. Черняк. – М.: Экономика, 1975. – 191 с.

242. Поваров, Г.Н. Об уровнях сложности систем / Г.Н. Поваров // Методологические проблемы кибернетики: материалы всесоюзной конференции. – М.: МГУ. – 1970. – Т. 2. – С. 184-185.

243. Капица, П.Л. Эксперимент, теория, практика / П.Л. Капица. – Москва: Наука, 1981. – 495 с.

244. Соловьев, В.С. Теория социальных систем: в 3-х т. Т. 1: Теория организации социальных систем / В.С. Соловьев. – Новосибирск, 2005. – 480 с.

245. Майоров, В.И. Система обеспечения безопасности дорожного движения / В.И. Майоров, С.В. Полякова // Инновационное развитие: экономические проблемы и задачи государства. – 2018. – № 3. – С. 58-61.

246. Калюжный, Ю.Н. Система обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации: правовые подходы и характерные признаки / Ю.Н. Калюжный // Российская юстиция. – 2016. – № 12. – С. 48-51.

247. Карева, В.В. Теория и практика управления безопасностью дорожного движения: факторы, методы, инструменты / В.В. Карева, П.П. Володькин. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2007. – 155 с.

248. Карева, В.В. Факторы, инструменты и методы управления безопасностью дорожного движения (на примере административной территории Хабаровского края): автореферат дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / В.В. Карева. – Хабаровск. 2004. – 24 с.

249. CONASET 1993, Política Nacional de Seguridad de Tránsito. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Chile. – 1993.

250. Del Valle, A. Innovative planning for development: An action-oriented approach / A. Del Valle. – Philadelphia: University of Pennsylvania, 1992.

251. Новая философская энциклопедия; в 4 т. / Науч.-ред. совет: В.С. Степин [и др.]. – М.: Мысль, 2010. – Цель. – Т. 4 – С. 216.

252. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: учеб. пособие / под ред. В.Н. Волковой, А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848 с.

253. Пономарев, А.Б. Методология научных исследований: учеб. пособие / А.Б. Пономарев, Э.А. Пикулева. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. поли-техн. ун-та, 2014. – 186 с.

254. Новиков, А.М. Методология научного исследования / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.

255. Горстко, А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием /А.Б. Горстко. – М.: Знание, 1991. – 160 с.

256. Альянах, И.Н. Моделирование вычислительных систем / И.Н. Альянах. – Ленинград: Машиностроение, 1988. – 233 с.

257. Владимировский, Б.М. Математика. Общий курс: учебник для вузов / Б.М. Владимировский, А.Б. Горстко, Я.М. Ерусалимский. – Санкт-Петербург: Лань, 2002. – 960 с.

258. Моделирование сложных вероятностных систем: учеб. пособие / В.Г. Лисиенко, О.Г. Трофимова, С.П. Трофимов, Н.Г. Дружинина, П.А. Дюгай. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 200 с.

259. Эшби, У.Р. Конструкция мозга / У.Р. Эшби. – М.: Книга по Требованию, 2021. – 394 с.

260. Ashby, W. An Introduction to Cybernetics / W. Ashby. – London: Chapman and Hall, 1956. – 295 p.

261. Кузин, Л.Т. Основы кибернетики: в 2 т. Т 1. / Л.Т. Кузин. – М.: Энергия, 1979.– 504 с.

262. Кузин, Л.Т. Основы кибернетики: в 2 т. Т. 2 / Л.Т. Кузин. – М.: Энергия, 1979. – 584 с.

263. Шилейко, А.В. Кибернетика без математики / А.В. Шилейко, Т.И. Шилейко. – М.: Энергия, 1973. – 144 с.

264. Растригин, Л.А. Кибернетика и познание / Л.А. Растигин. – Рига: Зинатне, 1978. – 144 с.

265. Варжапетян, А.Г. Имитационное моделирование на GPSS/H / А.Г. Варжапетян. – Санкт-Петербург: ГУАП, 2007. – 382 с.

266. Лоу, А. Имитационное моделирование. Классика CS: 3-е издание / А. Лоу, В. Кельтон. – Санкт-Петербург: Питер, Издательская группа BHV, 2004. – 848 с.

267. Бир, С. Кибернетика и управление производством / С. Бир. – М.: Наука, 1965. – 392 с.

268. Бирюков, Б.В. Кибернетика и методология науки / Б.В. Бирюков. – М.: Наука, 1974. – 414 с.

269. Винер, Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – М.: Советское радио, 1968. – 325 с.

270. Винер, Н. Кибернетика и общество / Н. Винер. – М.: Изд-во иностр. лит., 1958. – 200 с.

271. Четвериков, В.Н. Преобразование и передача информации в АСУ / В. Н. Четвериков. – М.: Высшая школа, 1974. – 320 с.

272. Аптер, М. Кибернетика и развитие / М. Аптер. – М.: Мир, 1970. – 215 с.

273. Вильсон, А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем / А.Дж. Вильсон. – М.: Наука, 1978. – 248 с.

274. Глушков, В.М. Введение в кибернетику / В.М. Глушков. – Киев: Изд-во Академии наук УССР, 1964. – 324 с.

275. Клаус, Г. Кибернетика и философия / Г. Клаус. – М.: Изд-во иностр. лит., 1964. – 529 с.

276. Клаус, Г. Кибернетика и общество / Г. Клаус. – М.: Прогресс, 1967. – 432 с.

277. Антомонов, Ю.Г. Моделирование биологических систем / Ю.Г. Антомонов. – Киев: Наукова думка, 1977. – 259 с.

278. Козелецкий, Ю. Психологическая теория решений / Ю. Козелецкий. – М.: Прогресс, 1979. – 504 с.

279. Kozielecki, J. Psychological Decision Theory / J. Kozielecki. – London: Springer, 1982. – 424 p.

280. Хартли, Р. Передача информации. Теория информации и ее приложения / Р. Хартли. – М.: Физматгиз, 1959. – 328 с.

281. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 832 с.

282. Shannon, C.E. A Mathematical Theory of Communication / C.E. Shannon // The Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – № 3. – Pp. 379 – 423; № 4 – Pp. 623-656.

283. Shannon, C. Communication Theory of Secrecy Systems / C.E. Shannon // The Bell System Technical Journal. – 1949. – Vol. 28. – Pp. 656-715.

284. Клейнер, Г.Б. Системное моделирование микроэкономических объектов / Г.Б. Клейнер // Системный анализ в экономике: сборник научн. тр. – Таганрог. – 2001. – С. 186-203.

285. Налимов, В.В. Теория эксперимента / В.В. Налимов. – М.: Наука, 1971. – 215 с.

286. Флейшман, Б.С. Основы системологии / Б.С. Флейшман. – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.

287. Гольдштейн, Г.Я. О несистемности общей теории систем / Г.Я. Гольдштейн // Известия ТРТУ. – 2004. – № 4(39). – С. 71-75.

288. Прангишвили, И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами / И.В. Прангишвили. – М.: Наука, 2003.

– 428 с.

289. Сигал, А.В. Эволюция взглядов на понятие энтропии / Электронный журнал «Страна знаний». – 2016. – № 2. – URL: https://www.krainaz.org/2016-02/101-entropy.

290. Сигал, А.В. Эволюция взглядов на понятие энтропии [2] / Электронный журнал «Страна знаний». – 2016. – № 3. – URL: https://www.krainaz.org/2016-03/122-entropy-03.

291. Биллингслей, П. Эргодическая теория и информация / П. Биллингслей. – М.: Мир, 1969. – 239 с.

292. Больцман, Л. Избранные труды / Л. Больцман. – М.: Наука, 1984. – 589 с.

293. Гиббс, Дж.У. Термодинамика. Статистическая механика / Дж.У. Гиббс. – М.: Наука, 1982. – 584 с.

294. де Гроот, С. Неравновесная термодинамика / С. де Гроот, П. Мазур. – М.: Мир, 1964. – 456 с.

295. Мартин, Н. Математическая теория энтропии / Н. Мартин, Д. Ингленд. – М.: Изд-во Мир, 1988. – 354 с.

296. Синай, Я.Г. Введение в эргодическую теорию / Я.Г. Синай. – Ереван: Изд-во Ереванского университета, 1973. – 132 с.

297. Стратонович, Р.Л. Теория информации / Р.Л. Стратонович. – М.: Советское радио, 1975. – 424 с.

298. Тырсин, А.Н. Энтропийное моделирование многомерных стохастических систем / А.Н. Тырсин. – Воронеж: Научная книга, 2016. – 156 с.

299. Тырсин, А.Н. Энтропийно-вероятностное моделирование гауссовских стохастических систем / А.Н. Тырсин, И.С. Соколова // Математическое моделирование. – 2012. – Т. 24. – № 1. – С. 88-103.

300. Тырсин, А.Н. Векторный энтропийный мониторинг и управление гауссовскими стохастическими системами / А.Н. Тырсин, Г.Г. Геворгян // Вестник БГУ. Математика, информатика. – 2018. – № 1. – С. 19-33.

301. Хинчин, А.Я. Понятие энтропии в теории вероятностей / А.Я. Хинчин

// Успехи математических наук. – 1953. – Т. 8. – выпуск 3 (55) – С. 3-20.

302. Шамбадаль, П. Развитие и приложение понятия энтропии / П. Шамбадаль. – М.: Наука, 1967. – 278 с.

303. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 420 с.

304. Быстрай, Г.П. Термодинамика открытых систем / Г.П. Быстрай. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2007. – 118 с.

305. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций / П. Гленсдорф, И.М. Пригожин. – М.: Мир, 1973. – 280 с.

306. Кадомцев, Б.Б. Динамика и информация / Б. Б. Кадомцев // Динамика и информация. – 1994. – 164:5. – С. 449–530.

307. Климонтович, Ю.Л. Проблемы статистической теории открытых систем: критерии относительной степени упорядоченности состояний в процессах самоорганизации / Ю.Л. Климонтович // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 158. – Вып. 1. – С. 59-91.

308. Климонтович, Ю.Л. Введение в физику открытых систем / Ю.Л. Климонтович. – М.: Янус-К, 2002. – 284 с.

309. Левич, А.П. Энтропия как мера структурированности сложных систем / А.П. Левич // Время, хаос и математические проблемы: материалы семинара. – Москва: Институт математических исследований сложных систем. – 2000. – С. 163-176.

310. Левич, А.П. Принцип максимума энтропии и теоремы вариационного моделирования / А. П. Левич // Успехи современной биологии. – 2004. – Т. 124. – № 6. – С. 3-21.

311. Малинецкий, Г.Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 336 с.

312. Малинецкий, Г.Г. Нелинейная динамика: Подходы, результаты, надежды / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов, А.В. Подлазов. – М.: URSS, 2011. – 280 с.

313. Мартюшев, Л.М. Производство энтропии и морфологические переходы

при неравновесных процессах: диссертация докт. физ.-мат. наук: 01.04.14 / Л.М. Мартюшев. – Екатеринбург. 2010. – 267 с.

314. Моисеев, Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1971. – 424 с.

315. Моисеев, Н.Н. Элементы теории оптимальных систем / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1975. – 526 с.

316. Николис, Г. Познание сложного / Г. Николис, И. Пригожин. – М.: Мир, 1990. – 344 с.

317. Попков, Ю.С. Теория макросистем: Равновесные модели / Ю.С. Попков. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 320 с.

318. Прангишвили, И.В. Системный подход и общесистемные закономерности / И.В. Прангишвили. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.

319. Соловьев, Ю.Л. Энтропийные методы оценки устойчивости / Ю.Л. Соловьев // Вестник кибернетики. Вып. 1. – Тюмень: Издательство ИПОС СО РАН, 2002 – С. 85-95.

320. Stengers, I. Cosmopolitiques III - Thermodynamique: la réalité physique en crisellsabelle / I. Stengers. – Paris: La Découverte; Le Plessis-Robinson (Essonne): Synthélabo. – 1997.

321. Трубецков, Д.И. Введение в теорию самоорганизации открытых систем / Д.И. Трубецков, Е.С. Мчедлова, Л.В. Красичков. – М.: Издательство физ.-мат. литературы, 2002. – 200 с.

322. Хазен, А.М. Разум природы и разум человека / А.М. Хазен. – М.: РИО «Мособлупрполиграфиздата», 2000. – 608 с.

323. Шаповалов, В.И. Синергетические методы и модели структурообразования в открытых системах: автореферат дисс. докт. техн. наук: 05.13.01 / В.И. Шаповалов. – Таганрог, 2006. – 48 с.

324. Ben-Naim, A. Entropy and Information Theory: Uses and Misuses / A. Ben-Naim // Entropy. – 2019. – 21(12). – 1170.

325. Ben-Naim, A. Entropy: The Greatest Blunder in the History of Science / A. Ben-Naim. – 2020, 334 p.

326. Ben-Naim, A. Time’s Arrow (?) The Timeless Nature of Entropy and the Second Law of Thermodynamics; Lulu Publishing Services: Morrisville, NC, USA, 2018.

327. Wu, K. Philosophical Analysis of the Meaning and Nature of Entropy and Negative Entropy Theories / K. Wu, Q. Nan, T. Wu // Complexity. – Volume 2020, Article ID 8769060.

328. Гельфер, Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики / Я.М. Гельфер. – М.: Высшая школа, 1981. – 536 с..

329. Clausius, R. Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie / R. Clausius // Annalen der Physik. – 1867. – 201. Pp. 353-400.

330. Boltzmann, L. Vorlesungenüber Gastheorie / L. Boltzmann. – University of California: Press Berkeley, CA, USA, 1964.

331. Maxwell, J.C. Theory of heat / J.C. Maxwell. – London: Longmans, Green and Co., 1871.

332. Szilard, L. Uber die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffen intelligenter Wesen / L. Szilard. – Zeitschrift für Physik. – 1929. – № 53. – Pp. 840-856.

333. Hartley, R.V.L. Transmission of Information / R.V.L. Hartley. – The Bell System Technical Journal. – July 1928. – Pp. 535-563.

334. Цветков, В.Я. Рассеяние в информационных процессах / В.Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 5-1. – С. 141-142.

335. Schrödinger, E. What is life? The Physical Aspect of the Living Cell / E. Schrödinger. – Cambridge: Cambridge University Press., New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo, Delhi, Mexico City. – 1992. – 184 p.

336. Wiener, N. Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine, Technology Press / N. Wiener. – New York, NY, USA: John Wiley & Sons. – 1948.

337. Королев, О.Л. Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений в экономике / О.Л. Королев, М.Ю. Куссый, А.В. Сигал. –

Симферополь: Изд-во ОДЖАКЪ, 2013. – 148 с.

338. Князева, Е.Н. Синергетика как новое мировидение: диалог с И. Пригожиным / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов // Вопросы философии. – 1992. – № 12. – С. 3-20.

339. Арнтц, У. Кроличья нора, или что мы знаем о себе и Вселенной / У. Арнтц, Б. Чейс, М. Висенте. – Москва: Эксмо, 2013. – 384 с.

340. Тихоплав, Т.С. Физика веры / Т.С. Тихоплав, В.Ю. Тихоплав. – Санкт-Петербург: ИД «Весь», 2002. – 256 с.

341. Панченков, А.Н. Энтропия физических и кибернетических систем / А.Н. Панченков // Методы управления большими системами. – 1970. – Т. II. – С. 113-120.

342. Панченков, А.Н. Энтропия / А.Н. Панченков. – Н. Новгород: Изд-во Интелсервис, 1999. – 592 с.

343. Данеев, А.В. Энтропиология А.Н. Панченкова / А. В. Данеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 2 (34). – С. 218-226.

344. Панченков, А.Н. Виртуальная Сингулярность / А.Н. Панченков. – Н. Новгород: Изд-во Типография Поволжья, 2011. – 368 с.

345. Ribeiro, M. The Entropy Universe / M. Ribeiro, T. Henriques, L. Castro, A. Souto, L. Antunes, C. Costa-Santos, A. Teixeira // Entropy. – 2021. – Vol. 23. – 222.

346. Цветков, О.В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике / О.В. Цветков. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 202 с.

347. Бутковский, А.Г. К методологии и философии кибернетики. Краткие тезисы / А. Г. Бутковский. – М.: ИПУ РАН, 2010. – 59 с.

348. Турчин, В.Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции / В.Ф. Турчин. – М.: Изд-во ЭТС, 2000. – 368 с.

349. Ильин, В.А. Философские вопросы кибернетики / В.А. Ильин. – М.: Изд-во социально-экономической литературы, 1964. – 391 с.

350. Колесов, В.И. О связи обобщенной эффективности и энтропии в

сложных системах / В.И. Колесов // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: материалы II международной научно-практической конференции. – Тюмень: ТИУ. – 2019. – С. 60-64.

351. Kolesov, V. Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management / V. Kolesov, A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2017. – № 20. – P. 305 – 310.

352. Petrov, A. Entropic analysis of dynamics of road safety system organization in the largest Russian cities / A. Petrov, V. Kolesov // IOP Conference Series: Earth and Enviromental Science. – 2018. – Vol. 177. – 012015.

353. Новиков, А.М. Методология научного исследования: учебно-методическое пособие / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М.: Либроком, 2014. – 270 с.

354. Kolesov, V. The dynamics of information request in the field of Big Data / V. Kolesov, A. Petrov // International Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2018. – Vol. 119. – №. 2. – Pp. 321-330.

355. Хайтун, С.Д. Проблемы количественного анализа науки / С.Д. Хайтун. – М.: Наука, 1989. – 280 с.

356. Хайтун, С.Д. Кризис науки как зеркальное отражение кризиса теории познания: кризис теории познания / С.Д. Хайтун. – М.: ЛЕЛАНД, 2014. – 448 с.

357. Колесов, В.И. Доминирующие технологии в условиях устойчивого инновационного развития региона / В.И. Колесов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы региональной научно-практической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2012. – С.125-128.

358. Lay, M.G. Ways of the World: A History of the World’s Roads and of the Vehicles That Used Them / M.G. Lay. – Rutgers University Press, 1992. – 401 p.

359. Петров, А.И. Структурные изменения механизма формирования дорожно-транспортной аварийности в России, Уральском Федеральном округе и Тюменской области / А.И. Петров, В.И. Колесов // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы международной научно-практической конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых. – Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 361-367.

360. Petrov, A.I. Theory and Practice of Quantitative Assessment of System Harmonicity: Case of Road Safety in Russia before and during the COVID-19 Epidemic / A.I. Petrov, V.I. Kolesov, D.A. Petrova // Mathematics. – 2021. – Vol. 9. – 2812.

361. Сороко, Э.М. Структурная гармония систем / Э.М. Сороко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 264 с.

362. Сороко, Э.М. Критерий гармонии самоорганизующихся социоприродных систем. Научный доклад / Э.М. Сороко. − Владивосток: Общ. институт ноосферы ДВО АН СССР, 1989. – 83 с.

363. Сороко, Э.М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: введение в общую теорию гармонии систем / Э. М. Сороко. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 264 с.

364. Колесов, В.И., Критерий системной гармонии / В.И. Колесов, Г.В. Колесов // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: материалы VIII международной научно-технической конференции. Тюмень: ТИУ, 2019. – С. 206-212.

365. Теория менеджмента: учебник в 2 ч. Ч. 1. Теоретические основы менеджмента (бакалавриат) / Е.А. Байков [и др.]; под общ. ред. А.Д. Евменова. – Санкт-Петербург: СПбГИКиТ, 2017. – 331 с.

366. Мескон, М. Основы менеджмента / М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. – М.: Дело, 1997. – 492 с.

367. Шастова, Г.А. Выбор и оптимизация структуры информационных систем / Г.А. Шастова, А.И. Коёкин. – М.: Энергия, 1972. – 256 с.

368. Прангишвили, И.В. Проблемы эффективности управления сложными социально-экономическими и организационными системами / И.В. Прангвишвили // Имущественные отношения в РФ. – 2006. – № 11(62). – С. 82-86.

369. Иванус, А.И. Основы гармоничного менеджмента (Концепция F-технологии). Научное издание / А.И. Иванус. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2004. – 82 с.

370. Корнаи, Я. Системная парадигма / Я. Корнаи // Общество и экономика.

– 1999. – № 3(4). – С. 85-96.

371. Степин, В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность / В.С. Степин // Вопросы философии. – 2003. – № 8. – С. 5–17.

372. Клейнер, Г.Б. Системная парадигма и системный менеджмент / Г.Б. Клейнер // Российский журнал менеджмента. – 2008. – Том 6. – № 3. – С. 27–50.

373. Колесов, В.И. Эталонные системы в метрике обобщенного золотого s-сечения / В.И. Колесов // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: материалы VIII международной научно-технической конференции. Тюмень: ТИУ. 2020. – С. 11-17.

374. Новицкий, П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

375. Методическое пособие по курсу подготовки специалистов по безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте / В.А. Абрамов [и др.]; под общ. ред. И.А. Венгерова. – М., 2000. – 408 с.

376. Заварина, Е.С. Создание исторических динамических рядов. Проблемы реконструкции российской статистики за длительный период / Е.С. Заварзина // Вопросы статистики. – 1997. – № 5. – С. 92-95.

377. Бессонов, В.А. Две проблемы российской статистики: взгляд пользователя / В.А. Бессонов // Вопросы статистики. – 2021. – № 28(4). – С. 5-22.

378. Petrov, A.I. Data-Driven Strategic Approaches to Road Safety Management: Truth and Lies of Official Statistics / A.I. Petrov // World**.** – 2025. – Vol. 6. – 3. https://doi.org/10.3390/world6010003.

379. Петров, А.И. К вопросу о простейшей классификации специфических особенностей дорожно-транпсортной аварийности в крупнейших городах Российской Федерации (2021) / А.И. Петров // Транспорт: наука, техника, управление. – 2022. – №. 12. – С. 43-48.

380. Petrov, A. Three variants of orderliness dynamics of regional and urban road safety systems // A.I. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2022. – Vol. 63. – Pp. 427-435. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.031.

381. Петров, А.И. Новая антиэнтропийная концепция организованности

систем обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 1(72). – С. 184-193.

382. Петров, А.И. Новые подходы к управлению безопасностью дорожного движения: парадигма организованности процессов обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров, С.А. Евтюков, В.И. Колесов // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 3(66). – С. 65-74.

383. Петров, А.И. Эволюция системной организованности безопасности дорожного движения в регионах Северо-Запада России / А.И. Петров, С.А. Евтюков, В.И. Колесов // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 5(76). – С. 249-259.

384. Петров, А.И. К вопросу о важности энтропийного анализа в оценке качества управления безопасностью дорожного движения на федеральном уровне / А.И. Петров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 116-126.

385. Петров, А.И. Анализ особенностей формирования структурной организованности городских систем обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2022. – № 4. – С. 3-9.

386. Петров, А.И. Концептуальные смыслы энтропийного анализа состояния безопасности дорожного движения в разномасштабных автотранспортных системах / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-4(78). – С. 55-62.

387. Петров, А.И. Качественная оценка системного управления безопасностью дорожного движения: философский смысл и возможности информационно-энтропийного анализа / А.И. Петров // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3-1(82). – С. 69-76.

388. Петров, А.И. Энтропия системного управления безопасностью дорожного движения: методика и практика использования / А.И. Петров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 4. – С. 72-82.

389. Petrov, A.I. Philosophy and Meanings of the Information Entropy Analysis of Road Safety: Case Study of Russian Cities / A.I. Petrov // Information. – 2023. – №

14(6). – 302.

390. Pistsov, A.V. Training and Applying Artificial Neural Networks in Traffic Light Control: Improving the Management and Safety of Road Traffic in Tyumen (Russia) / A.V. Pistsov, A.I. Petrov // Automotive Experiences. – 2023. – № 6(3). – Pp. 528-550.

391. Petrov, A.I. Dynamics and Forecast of Road Traffic Safety Management in Russia until 2030 / A.I. Petrov // Studies on Russian Economic Development. – 2024. – Vol. 35. – № 5. – Pp. 716-724.

392. Kolesov, V.I. Entropy and risks in regional road traffic safety systems / V.I. Kolesov, A.I. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2020. – № 50. – Pp. 262-272.

393. Petrov, A.I. Sustainable Improvement of Road Safety in Russian Cities: General Trends and the Dialectical Contradictions in the Structure of Risks of Fatalities in Road Traffic Accidents / A.I. Petrov, E.V. Likhajrova // J. Sustain. Res. – 2024. – № 6(3). – e240042.

394. Petrov, A.I. Entropy Method of Road Safety Management: Case Study of the Russian Federation / A.I. Petrov // Entropy. – 2022. – № 24(2). – 177.

395. Росстат. Официальный интернет-сайт. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. – URL: https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282.

396. Monderman, H. An exploration of a more fundamental view on traffic structure / H. Monderman // In Proceedings of the third International Conference on safety and environment in the 21st century: lessons from the past, shaping the future, 1994. – Pp. 390–396.

397. Monderman, H. Shared space - the alternative approach to calming traffic / H. Monderman, E.Clarke, B.H. Baillie // Traffic engineering and control. – 2006. – 47. – Pp. 290-292.

398. Gerlach, J. Sense and Nonsense in Shared Space / J. Gerlach, R. Methorst, D. Boenke, J. Levens // Netherlands, Feitsberaad, Utrecht, 2008.

399. Monderman, H. What's next for shared space? We look at the UK experience / H. Monderman, E. Clarke // 2008.

400. Постановление Совета Министров - Правительства РФ от 23 октября 1993 г. № 1090 «О правилах дорожного движения». – URL: http://base.garant.ru/1305770/#ixzz5aWfOuj9E (дата обращения 06.06.2018).

401. Moody, S. Shared space – research, policy and problems / S. Moody, S. Melia // In Proceedings of the Institution of Civil Engineers. – 2014. – 167(6). – Pp. 384-392.

402. Bucchi, A. Traffic Psychology and Driver Behavior / A. Bucchi, C. Sangiorgi, V.Vignali // In SIIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2012. – 53. – Pp. 973-980.

403. Zhang, X. Influences of Emotion on Driving Decisions at Different Risk Levels: An Eye Movement Study / X. Zhang, R. Chang, X. Sui, Y. Li, // Front. Psychol. – 2022. – № 13. – 788712.

404. Russian Demographic Data Sheet 2019. – URL: http://populationrussia.ru/data/RussianDemographicDataSheet2019_web.pdf.

405. ОДМ 218.6.025-2017. Методические рекомендации по выбору эффективных некапиталоемких мероприятий по снижению аварийности в местах концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования. – М.: Росавтодор, 2017. – 52 с.

406. В центре Тюмени две женщины погибли в ДТП с автобусом. – URL: https://rg.ru/2014/02/27/reg-urfo/avtobus-anons.html?ysclid=m2i2ewnv34759437981.

407. Russian Healthcare System Overview. – URL: file:///C:/Users/Artur/Downloads/f68e677a2e9b501660f093c5c11b62a3.pdf.

408. Bagnenko, S.F. Assessment of emergency medical care delivered in different conditions in the Russian Federation / S.F. Bagnenko, A.G. Miroshnichenko, R.R. Alimov, S.I. Shlyafer // Anesteziologiya i reanimatologiya. – 2021. – 124.

409. Hegel, G.W.F. Lectures on the Philosophy of World History / G.W.F. Hegel // Oxford University Press, 1975. – 252 p.

410. Tingting, G. Intrinsic Safety Evaluation for Urban Road Traffic Based on Information Entropy and Triangular Fuzzy Number / G. Tingting, W. Wuhong, X. Zhongyi // MATEC Web Conf. – 2016. – 81. – 681020.

411. Rui, Z. Research on fuzzy comprehensive evaluation system of tailings based on entropy technology / Z. Rui, Y. Zhenhong // J. Sci. Technol. – 2011. – № 7. – Pp. 107-111.

412. Wei, Z. A comprehensive evaluation method based on information entropy / Z. Wei, L. Xiaojing // Sci. Technol. Eng. – 2010. – № 10. – Pp. 5839-5843.

413. Qin, C. Research on safety Three-level evaluation of tailings reservoir based on FAHP-IE method / C. Qin, X. Chen, Y. Yang, W. Gui // Control. Eng. China. – 2014. – 21. – pp. 995-1000.

414. Liu, H.H. Fuzzy assessment of city ecosystem health based on entropy weight method / H.H. Liu, N. Wang, J.C. Xie, R.G. Jiang // Eng. J. Wuhan Univ. – 2014. – № 47. – Pp. 755-759.

415. Damjanović, M. Impact of the number of vehicles on traffic safety: Multiphase modeling / M. Damjanović, Ž. Stević, D. Stanimirović, I. Tanackov, D. Marinković // Facta Univ. Ser. Mech. Eng. – 2022. – 20. – Pp. 177-197.

416. Stević, Ž. Multi-Criteria Decision-Making Model for Evaluating Safety of Road Sections / Ž. Stević, M. Subotić, E. Softić, B. Božić // J. Intell. Manag. Decis. – 2022. – 1. – Pp. 78–87.

417. Li, M. Topological Modeling and Analysis of Urban Rail Transit Safety Risk Relationship / M. Li, X.Y. Zhou, J.X. Liu, W.K. Ma, X.W. Li // J. Intell. Manag. Decis. – 2022. – № 1. – Pp. 108-117.

418. Elvik, R. Which is the more important for road safety – road design or driver behavioural adaptation? / R. Elvik // Traffic Safety Research. – 2022. – Vol. 2. –000009.

419. Tsvetkov, V.Y. Complexity Index / V.Y. Tsvetkov // Eur. J. Technol. Des. – 2013. – № 1. Pp. 64-69.

420. Tsvetkov, V.Y. Information Constructions / V.Y. Tsvetkov // Eur. J. Technol. Des. – 2014. – 5. – Pp. 147-152.

421. Tsvetkov, V.Y. Cognitive information models / V.Y. Tsvetkov // Life Sci. J. – 2014. – № 11. – Pp. 468-471.

422. Агафонов, А.А. Адаптивное управление дорожными сигналами на основе нейросетевого прогноза максимального взвешенного потока / А.А.

Агафонов, А.С. Юмаганов, В.В. Мясников // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 5. – С. 85-97.

423. Papageorgiou, M. Review of road traffic control strategies / M. Papageorgiou, C. Diakaki, V. Dinopoulou // Proceeding of the IEEE. – 2003. – 91. – № 12. – Pp. 2043-2065.

424. Greguric, M. Application of deep reinforcement learning in traffic signal control: An overview and impact of open traffic data / M. Greguric, M. Vujic, C. Alexopoulos, M. Miletic // Appl. Sci. – 2020. – Vol. 10. – № 11. – 4011.

425. Haydari A. Deep reinforcement learning for intelligent transportation systems: A Survey / A. Haydari, Y. Yilmaz // IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. – 2022. – Vol. 23. – № 1. – Pp. 11-32.

426. Abdulhai, B. Reinforcement learning for true adaptive traffic signal control / B. Abdulhai, R. Pringle, G. Karakoulas // Journ. Transport. Eng. – 2003. – 129. – Pp. 278-285.

427. Eom, M. The traffic signal control problem for intersections: A review / M. Eom, B.-I. Kim // Europ. Transport. Res. Rev. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 50.

428. Webster, F.V. Traffic Signal Settings. H.M. / F.V. Webster // London: Stationery Office, 1958. – 56 p.

429. Little, J. MAXBAND: A program for setting signals on arteries and triangular networks / J. Little, M. Kelson, N.Gartner // Transport. Res. Record Journ. Transportation Res. Board. – 1981. – № 795. – Pp. 40-46.

430. Li, M.-T. Signal timing optimization for oversaturated networks using TRANSYT-7F / M.-T. Li, A. Gan // Transport. Res. Record. – 1999. – № 1683. – Pp. 118-126.

431. El-Tantawy, S. An agent-based learning towards decentralized and coordinated traffic signal control / S. El-Tantawy, B. Abdulhai // Proc. of the IEEE Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC). Madeira Island, Portugal, 2010. – Pp. 665-670.

432. SCHLOTHAUER & WAUER. Официальный интернет-сайт. Программный комплекс LISA+. – URL: https://www.schlothauer.de/en/software-lisa.

433. PTV. Официальный интернет-сайт. Программный комплекс PTV Vissim 11. – URL: https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim.

434. Megías-Robles, A. The relationship between self-reported ability emotional intelligence and risky driving behaviour: Consequences for accident and traffic ticket rate / A. Megías-Robles, M.T. Sánchez-López, P. Fernandez-Berrocal // Accident Analysis & Prevention. – 2022. – Vol. 174. –106760.

435. Brackett, M.A. Relating emotional abilities to social functioning: a comparison of self-report and performance measures of emotional intelligence / M.A. Brackett, S.E. Rivers, S. Shiffman, N. Lerner, P. Salovey // Journal of personality and social psychology. – 2006. – Vol. 91. – № 4. – P. 780.

436. МКУ «Тюменьгортранс». Официальный интернет-сайт. Светофорные объекты. – URL: https://tgt72.ru/svetofory//.

437. Колесов, В.И. Специфика целеполагания в сфере безопасности дорожного движения / В.И. Колесов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы международной научно-практической конференции. – Тюмень: ТИУ. – 2016. – С. 37-43.

438. Руссман, И.Б. Моделирование и алгоритмизация слабоформализованных задач выбора наилучших вариантов системы / И.Б. Руссман, А.И. Каплинский, В.М. Умывакин. – Воронеж: Изд-во ВГУ. 1991. – 168 с.

439. Паспорт Федерального Проекта «Безопасность дорожного движения». – URL: https://mintrans.gov.ru/documents/8/9757?ysclid=m7isgvicdm562119279.

440. Скорректированная версия паспорта национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 15). – URL: https://ddtks.ru/files/documents/bdd/materialy/norm/2022_2023/11-pasport-nacionalnogo-proekta-bezopasnye-i-kachestvennye-avtomobilnye-dorogi.pdf?ysclid=ltd8tejsm5955617793.

441. Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»». – URL: https://spa.msu.ru/wp-

content/uploads/4-1.pdf.

442. Комаров, В.М. Концепция «устойчивой мобильности»: теория и практика / В.М. Комаров, В.В. Акимова // Вестник Московского университета. Серия 6 – Экономика. – 2021. – № 5. С. 207-231.

443. Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726.

444. Петров, А.И. Динамика и прогноз обеспечения безопасности дорожного движения в России до 2030 г. / А.И. Петров // Проблемы прогнозирования. – 2024. – № 5(206). – С. 152-164.

445. Состояние и тенденции БДД в Российской Федерации в 2011-2020 годах. Аналитический обзор. Под общей редакцией М.Ю. Черникова и Д.В. Митрошина. – М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2022. – 368 с.

446. Петров, А.И. Управление организованностью региональных систем обеспечения безопасности дорожного движения (на примере субъектов Северо-Западного Федерального округа / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2025. – № 3(110). – С. 150-159.

447. Авторская разработка – Web-сервис. Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем обеспечения безопасности дорожного движения. – URL: https://road-safety-entropy-method.github.io/#/.

448. Авторская разработка – Web-сервис. Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России и количественная оценка уровня Относительной энтропии H_n региональных систем. – URL: https://datalens.yandex/t2506m9i5n0si?tab=vE&state=c898932d168.

449. YandexCloud. Основы работы с Data Lens. – URL: https://cloud.yandex.ru/training/datalens.

450. Национальный Проект «Безопасные качественные дороги». – URL: https://bkdrf.ru/.

451. Сайт МВД РФ. Главное управление по обеспечению безопасности

дорожного движения. Дополнительные соглашения о реализации региональных проектов, содержащих распределение показателей и результатов федерального проекта «Безопасность дорожного движения» национального проекта «Безопасные качественные дороги» на 2023 г. – URL: https://мвд.рф/dejatelnost/results/civil/Glavnoe_upravlenie_obespechenija_bezopas/%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%81%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%BD%D0%B0-2023?ysclid=m2qxjijcnn181489104.

452. Паспорт регионального проекта Безопасность дорожного движения (Московская область). – URL: https://mef.mosreg.ru/download/document/8069432?ysclid=m2r0kbd42u79510824.

453. Паспорт регионального проекта Безопасность дорожного движения (Тюменская область). – URL: https://admtyumen.ru/files/upload/OIV/U_gus/RP_Bezopasnost'_dorozhnogo_dvizheniya_(Tyumenskaya_oblast').pdf.

454. Паспорт регионального проекта Безопасность дорожного движения (Чукотский АО). – URL: https://чукотка.рф/files/docs/%D0%91%D0%94% D0%942.pdf.

455. Федеральный проект «Безопасность дорожного движения». Официальный сайт. Отчетность по Федеральному проекту. 2023 г. – URL: http://www.fcp-pbdd.ru/upload/iblock/b99/2023_12_-_-_i_i_-_-_-_-_i_g_i_.pdf.

456. Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от ДТП (Р-03112199-0502-00). – URL:https://ohranatruda.ru/upload/iblock/71c/4294812916.pdf?ysclid=m3jwtegx13580062836.

457. Белогребень, А.А. Оценка ущерба от гибели людей в дорожно-транспортных происшествиях / А.А. Белогребень, О.Ю. Матанцева, И.В. Спирин, А.Е. Титов // Транспорт. Наука, техника, управление. – 2020. – № 11. – С. 31-39.

458. Верзилин, В.А. Социально-экономический ущерб от ДТП как один из аспектов обеспечения экономической безопасности Российской Федерации / В.А. Верзилин, Ю.В. Наролина // РЕГИОН: системы, экономика, управление. – 2019. –

№ 4 (47). – С. 143-152.

459. Петров, А.И. Методика и результаты максрорасчета дифференцированной оценки экономического ущерба от дорожно-транспортной аварийности в субъектах Приволжского федерального округа / А.И. Петров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 11. – С. 30-35.

460. Заложных, В.М. Экономическая оценка последствий дорожно-транспортных происшествий / В.М. Заложных. – Воронеж: Изд.во. ВГЛТА, 2010. – 131 с.

461. Капитанов, В.В. Некоторые социальные аспекты дорожно-транспортной аварийности. Сборник научных трудов НИЦ ГАИ МВД РФ / В.В. Капитанов, А.Г. Лаврентьев, Ю.Н. Ольховников. – М. 1996. – 126 с.

462. ISO 3833:1977 Road vehicles - Types - Terms and definition.

463. Дорохин, С.В. Профилактика безопасности дорожного движения, как мера снижения чрезвычайных ситуаций на доогах / С.В. Дорохин // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2015. – № 1-1(4). – С. 303-307.

464. Дорохин, С.В. Безопасность на дорогах: проблемы и решения / С.В. Дорохин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 2(57). – С. 67-73.

465. Ильина, И.Е. Методология обеспечения безопасности дорожного движения с учётом подготовленности водителей: диссертация ... докт. техн. наук: 2.9.5 / И.Е. Ильина. – Оренбург. 2024. – 337 с.

466. Смолин, П.В. Административно-правовое обеспечение безопасности дорожного движения в Российской Федерации: диссертация ... докт. юрид. наук: 5.1.2 / П.В. Смолин. – Москва. 2023. – 530 с.

467. Шешера, Н.Г. Теоретические принципы и методы повышения эффективности системы управления транспортными потоками в безаварийном режиме в городских агломерациях: диссертация ... докт. техн. наук: 2.9.1 / Н.Г. Шешера. – Хабаровск. 2025. – 396 с.

468. Васильев, Я.В. Научные основы обеспечения эффективности дорожно-

транспортной экспертизы и экспертной профилактики ДТП с участием пешеходов: диссертация ... докт. техн. наук: 2.9.5 / Я.В. Васильев. – Санкт-Петербург. 2025. – 412 с.

СПИСОК СТАТЕЙ СОИСКАТЕЛЯ А.И. ПЕТРОВА, В ВЕДУЩИХ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ВАК / WEB OF SCIENCE / SCOPUS

469. Петров, А.И. Показатели безопасности дорожного движения первого и второго уровня / В.И. Колесов, А.И. Петров // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2015. – № 3. – С. 21-27.

470. Петров, А.И. Сезонная устойчивость характеристик автотранспортной аварийности на примере Тюмени / А.И. Петров // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике. – 2015. – № 5(60). – С. 64-68.

471. Петров, А.И. Автотранспортная аварийность в различных странах мира как производная от трудовой занятости граждан / А.И. Петров // Научное обозрение. – 2015. – № 19. – С. 418-423.

472. Петров, А.И. Российская автотранспортная аварийность как проявление специфики регионального экономического благополучия / А.И. Петров // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 135-138.

473. Петров, А.И. Анализ стартовых задержек на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети / Писцов А.В., А.И. Петров // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 177-179.

474. Петров, А.И. О необходимости внесения изменений в статью 264 Уголовного кодекса РФ / А.И. Петров // Евразийский юридический журнал. – 2015. – № 7(86). – С. 236-238.

475. Петров, А.И. Влияние атмосферных осадков на загруженность улиц и дорог и устойчивость транспортного процесса в крупнейших городах России в зимний период / А.И. Петров, В.И. Петров // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 1(48). – С. 194-200.

476. Петров, А.И. Изменение структуры программы подготовки водителей категории «В» как резерв повышения безопасности дорожного движения / А.В. Писцов, А.И. Петров // Евразийский юридический журнал. – 2015. – № 8(87). – С. 168-170.

477. Петров, А.И. О возможностях повышения качества расследования преступлений, связанных с дорожно-транспортными происшествиями / А.И. Петров // Евразийский юридический журнал. – 2015. – № 8(87). – С. 221-223.

478. Петров, А.И. Анализ транспортной культуры населения / В.И. Колесов, А.И. Петров // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2015. – № 6. – С. 20-22.

479. Петров, А.И. Проблема неопределенности исходных данных при проведении автотехнической экспертизы дорожно- транспортных происшествий / А.И. Петров, М.А. Корнилова // Евразийский юридический журнал. – 2015. – № 9(88). – С. 204-207.

480. Петров, А.И. Юридические аспекты проблематики видеофиксации нарушений правил дорожного движения / А.И. Петров // Евразийский юридический журнал. – 2015. – № 9(88). – С. 208-209.

481. Петров, А.И. Устойчивость тренда внутригодовой динамики автотранспортной аварийности в крупном городе / А.И. Петров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – № 1. – С. 84-88.

482. Петров, А.И. Устойчивость пространственной неравномерности тяжести дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации / А.И. Петров, И.А. Важенин, Л.В. Важенина // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 2. – С. 11-15.

483. Петров, А.И. Автотранспортная аварийность как идентификатор качества жизни граждан / А.И. Петров // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 3(45). – С. 154-172.

484. Петров, А.И. Тяжесть дорожно-транспортных происшествий как один из признаков качества жизни населения европейских стран / А.И. Петров // Научное обозрение. – 2016. – № 10. – С. 109-114.

485. Петров, А.И. Методика и результаты макрорасчета дифференцированной оценки экономического ущерба от дорожно-транспортной аварийности в субъектах Приволжского Федерального Округа / А.И. Петров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 11. – С. 30-35.

486. Петров, А.И. Новая антиэнтропийная концепция организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 1(72). – С. 184-193.

487. Петров, А.И. Новые подходы к управлению безопасностью дорожного движения: парадигма организованности процессов обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 3(66). – С. 65-74.

488. Петров, А.И. Эволюция системной организованности безопасности дорожного движения в регионах Северо-Запада России / А.И. Петров, С.А. Евтюков, В.И. Колесов // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 5(76). – С. 249-259.

489. Петров, А.И. К вопросу о важности энтропийного анализа в оценке качества управления безопасностью дорожного движения на федеральном уровне / А.И. Петров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – № 8. – С. 116-126.

490. Петров, А.И. Структурная энтропия сложных систем в метрике обобщенного золотого сечения / В.И. Колесов, О.Ф. Данилов, А.И. Петров, М.Л. Гуляев // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2020. – № 8. – С. 3-6.

491. Петров, А.И. Функционал и структура эталонных систем в сфере управления городской мобильностью / В.И. Колесов, А.И. Петров // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2020. – № 10. – С. 3-9.

492. Петров, А.И. Гармоничность эталонных систем в сфере городской мобильности / В.И. Колесов, А.И. Петров // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2021. – № 10. – С. 21-28.

493. Петров, А.И. Синергетический эффект сложных систем в Smart-урабнистике / В.И. Колесов, А.И. Петров // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2021. – № 12. – С. 3-9.

494. Петров, А.И. Анализ особенностей формирования структурной организованности городских систем обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2022. – № 4. – С. 3-9.

495. Петров, А.И. Концептуальные смыслы энтропийного анализа состояния безопасности дорожного движения в разномасштабных автотранспортных системах / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-4(78). – С. 55-62.

496. Петров, А.И. К вопросу о простейшей классификации специфических особенностей дорожно-транспортной аварийности в крупнейших городах Российской Федерации (2021) / А.И. Петров // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2022. – № 12. – С. 43-48.

497. Петров, А.И. Качественная оценка системного управления безопасностью дорожного движения: философский смысл и возможности информационно-энтропийного анализа / А.И. Петров // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3-1(82). – С. 69-76.

498. Петров, А.И. Энтропия системного управления безопасностью дорожного движения: методика и практика использования / А.И. Петров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 4. – С. 72-82.

499. Петров, А.И. К вопросу об идентификации современных трендов регулирования использования средств индивидуальной мобильности и велосипедов в России / Д.В. Митрошин, А.И. Петров // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 4-1(83). – С. 136-144.

500. Петров, А.И. Анализ особенностей локализации и распределения во времени частоты аварийных столкновений транспортных средств в крупном российском городе / А.И. Петров, Е.В. Лихайрова // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-1 (84). – С. 30-38.

501. Петров, А.И. Специфика риска дорожно-транспортной аварийности в городах Российской Федерации (2022) / А.И. Петров, Е.В. Лихайрова // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2024. – № 6. – С. 3-10.

502. Петров, А.И. Влияние на риск гибели в ДТП в российских городах структурной специфики дорожно-транспортной аварийности / А.И. Петров, Е.В. Лихайрова // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 3-2 (86). – С. 18-26.

503. Петров, А.И. Динамика пространственно-временных особенностей формирования риска дорожно-транспортной аварийности в крупных городах России (2015-2023) / А.И. Петров, Е.В. Лихайрова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 5. – С. 64-81.

504. Петров, А.И. Специфика использования энтропийного подхода при организации и управлении городскими системами обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2024. – № 4(105). – С. 80-88.

505. Петров, А.И. Анализ причин изменения пространственной структуры рисков дорожно-транспортной аварийности в Тюмени / А.И. Петров, Е.В. Лихайрова // Архитектура, строительство, транспорт. – 2024. – № 3(109). – С. 99-110.

506. Петров, А.И. Динамика и прогноз обеспечения безопасности дорожного движения в России до 2030 г. / А.И. Петров // Проблемы прогнозирования. –2024. – № 5(206). – С. 152-164.

507. Петров, А.И. Управление организованностью региональных систем обеспечения безопасности дорожного движения (на примере субъектов Северо-Западного федерального округа) / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2025. – № 3 (110). – С. 150-159.

508. Петров, А.И. Тяжесть дорожно-транспортных происшествий как производная автомобилизации российских регионов (2024) и качества жизни населения / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 3-2(90). – С. 16-23.

509. Петров, А.И. Дорожно-транспортная аварийность в Уральском регионе: общая динамика (2005-2024 гг.) и региональная специфика / А.И. Петров // Транспорт Урала. – 2026. – № 1(88). – С. 51-59.

510. Петров, А.И. Феномен противоречивости рисков дорожно-транспортной аварийности в крупнейших и крупных российских городах / А.И. Петров, Е.В. Лихайрова // Транспорт: Наука, техника, управление. – 2026. – № 2. – С. 40-47.

511. Петров, А.И. К вопросу об использовании энтропийного подхода в оценке региональной специфики обеспечения безопасности дорожного движения / А.И. Петров, С.А. Евтюков // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2026. – № 3. – С. 69-81.

512. Petrov, A. Road traffic accident rate as an indicator of the quality of life / A. Petrov // Economic and social changes: facts, trends, forecast. – 2016. – 3(45). – Pp. 154-172.

513. Petrov, A. Assessment of economic losses of Ukraine's regions due to deaths and injuries in road traffic accidents / A. Petrov // Actual Problems of Economics. – 2016. – № 7(181). – Pp. 326-334.

514. Petrov, A. Severity of road accidents in ukrainian regions as a derivative from their industrial development / A. Petrov // Actual Problems of Economics. – 2016. – № 8(182). – Pp. 421-429.

515. Petrov, A. Assessment of Spatial Unevenness of Road Accidents Severity as Instrument of Preventive Protection from Emergency Situations in Road Complex / A. Petrov, D. Petrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – 142. – 012116.

516. Petrov, A. Spatial and logical model of American electorate political choice formalization: experience for Russia / A. Petrov // Economic and social changes: facts, trends, forecast. – 2017. – Vol. 10. – № 2. – Pp. 109-129.

517. Petrov, A. Heterogeneity of road traffic accident rate in the Russian cities and the need of usage various methods of transport safety management / A. Petrov, D. Petrova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – 90. 012058.

518. Petrov, A. Specific features of goal setting in road traffic safety / V. Kolesov, O. Danilov, A. Petrov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. –

2017. – 90. – 012059.

519. Petrov, A. Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management / V. Kolesov, A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2017. – 20. – Pp. 305-310.

520. Petrov, A. Model of Calculation and Subsequent Assessment of the Economic Losses of the Ural Federal District Subjects in Case of Death and Injury in Road Traffic Accidents / A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2017. – 20. – Pp. 493-498.

521. Petrov, A. The differentiated assessment of damage to economy of subjects of the Siberian Federal District from road and transport accident rate / A. Petrov, V. Svistunova, D. Petrova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – 115. – 012014.

522. Petrov, A. System dynamics of process organization in the sphere of traffic safety assurance / V. Kolesov, A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2018. – 36. – Pp. 286-294.

523. Petrov, A. Equivalence of distribution of social and economic damage caused by road accidents in the territories of the largest countries of the world: A new pattern? / / A. Petrov, D. Petrova // Transportation Research Procedia. – 2018. – 36. – Pp. 577-585.

524. Petrov, A. Entropic analysis of dynamics of road safety system organization in the largest Russian cities / A. Petrov, V. Kolesov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – 177. – 012015.

525. Petrov, A. Influence of regional features of psycho-emotional state of the Russian society on road accidents severity / A. Petrov, S. Evtyukov, D. Petrova // MATEC Web of Conferences. – 2018. – 239. – 02009.

526. Petrov, A. Classification of Russian cities by levels of road traffic safety: Specifics of required management decisions / A. Petrov, D. Petrova // MATEC Web of Conferences. – 2018. – 170. – 05009.

527. Petrov, A. Statistical Modelling of Orderliness of Regional Road Safety Provision Systems / A. Petrov, S. Evtyukov, D. Petrova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – 224. – 012033.

528. Petrov, A. Informational - entropic Analysis of Dynamics of Road Safety Orderliness / A. Petrov, S. Evtyukov, D. Petrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – 582. – 012021.

529. Petrov, A. Dynamics of information entropy of road safety provision systems in Siberian regions / A. Petrov // E3S Web of Conference. – 2019. – 135. – 02027.

530. Petrov, A. Identification of sustainability of road safety improvement in Russian cities with a population of more than 1 million people / A. Petrov // E3S Web of Conference. – 2019. – 138. – 01008.

531. Petrov, A. Statistical and structural-entropic analysis of main trends of road traffic accident rate: comparison of India and Russia / A. Petrov, D. Zakharov // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – Vol. 13. – № 12. – Pp. 4930-4942.

532. Petrov, A. Entropy and risks in regional road traffic safety systems / V. Kolesov, A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2020. – 50. – Pp. 262-272.

533. Petrov, A. Comparative research of orderliness dinamics of road safety systems in the Volga federal district and the Russian Federation / A. Petrov, S. Evtyukov, V. Kolesov, D. Petrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 786. – 012084.

534. Petrov, A. Assessment of sustainability of improving road safety process in the Volga federal district / A. Petrov, D. Petrova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 786. – 012085.

535. Petrov, A. Analysis of possibilities for achieving targets of Russian Road Safety Strategy / A. Petrov, S. Evtyukov // Transportation Research Procedia. – 2020. – 50. – Pp. 518-527.

536. Petrov, A. Theory and Practice of Quantitative Assessment of System Harmonicity: Case of Road Safety in Russia before and during the COVID-19 Epidemic / A. Petrov, V. Kolesov, D. Petrova // Mathematics. – 2021. – 9. – 2812.

537. Petrov, A. Seasonal peculiarities of road traffic accidents in the polar region / A. Petrov, D. Petrova // Transportation Research Procedia. – 2021. – 57. – Pp. 398-408.

538. Petrov, A. Comparative analysis of the entropic organization of road

transport systems in the representative regions of the Arctic zone of Russia / A. Petrov, S. Evtyukov, A. Marusin, G. Ginzburg, E. Kurakina // Transportation Research Procedia. – 2021. – 57. – Pp. 409-420.

539. Petrov, A. Car Accidents in Russia: Main Socio-Economic Factors of Its Formation and Spatio-Temporal Features / A. Petrov, V. Kolesov // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. – 2021. – Vol. 14. – №. 1. – Pp. 199-220.

540. Petrov, A. Entropy Method of Road Safety Management: Case Study of the Russian Federation / A. Petrov // Entropy. – 2022. – 24. – 177.

541. Petrov, A. Seasonal Features of the Behavior of Russian Drivers: Road Safety and Statistics of Photo and Video Recording of Speed Violations / A. Petrov, V. Svistunova // Transportation Research Procedia. – 2022. – 61(5). – Pp. 510-517.

542. Petrov, A. Three variants of orderliness dynamics of regional and urban road safety systems / A. Petrov // Transportation Research Procedia. – 2022. – 63(9). – Pp. 427-435.

543. Petrov, A. Road Traffic Accidents in the Arctic zone: General Issues, Statistics and Peculiarities / A. Petrov, E. Golov, Se. Evtyukov, St. Evtyukov, A. Tushinskiy // 2022. International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH) Vienna – 2022. – Pp. 1-7.

544. Petrov, A. Evaluation of the orderliness of the road safety provision systems in Russian cities / A. Petrov, D. Zakharov, S. Evtukov, F. Grakov, D. Petrova // Frontiers Built Environment. – 2022. – Vol. 8. – 981078.

545. Petrov, A. Information and Entropy Aspects of the Specifics of Regional Road Traffic Accident Rate in Russia / A. Petrov // Information. – 2023. – 14(2). – 138.

546. Petrov, A. Philosophy and Meanings of the Information Entropy Analysis of Road Safety: Case Study of Russian Cities / A. Petrov // Information. – 2023. – 14(6). – 302.

547. Petrov, A. Training and Applying Artificial Neural Networks in Traffic Light Control: Improving the Management and Safety of Road Traffic in Tyumen (Russia) / A. Pistsov, A. Petrov // Automotive Experiences. – 2023. – 6(3). – Pp. 528-550.

548. Petrov, A. Sustainability of Road Safety in Large Cities: Methodology and

Results / A. Petrov // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2023. – 706. – Pp. 332–339.

549. Petrov, A. Ideology of Urban Road Transport Chaos and Accident Risk Management for Sustainable Transport Systems / V. Morozov, A. Petrov, V. Shepelev, M. Balfaqih // Sustainability. – 2024. – 16(6). – 2596.

550. Petrov, A. Organizational complexity and road safety: dialectical contradiction and its behavioural interpretation / A. Petrov // E3S Web of Conferences. – 2024. – 515. – 01006.

551. Petrov, A. Sustainable Improvement of Road Safety in Russian Cities: General Trends and the Dialectical Contradictions in the Structure of Risks of Fatalities in Road Traffic Accidents / A. Petrov, E.V. Likhajrova // Journal of Sustainability Research. – 2024. – 6(3). – e240042.

552. Petrov, A. Dynamics and Forecast of Road Traffic Safety Management in Russia until 2030 / A. Petrov // Studies on Russian Economic Development. – 2024. – Vol. 35. – № 5. – Pp. 716-724.

553. Petrov, A. Data-Driven Strategic Approaches to Road Safety Management: Truth and Lies of Official Statistics / A. Petrov // World. – 2025. – 6. – 3.

СПИСОК МОНОГРАФИЙ СОИСКАТЕЛЯ А.И. ПЕТРОВА

554. Петров, А.И. Город. Транспорт. Внешняя среда / А.И. Петров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 356 с.

555. Петров, А.И. Особенности формирования автотранспортной аварийности в пространстве и времени / А.И. Петров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 254 с.

556. Петров, А.И. Техноценозы, социоценозы, ранговые и Парето-распределения в оценке региональных особенностей безопасности дорожного движения / А.И. Петров. – Тюмень: ТИУ, 2019. – 179 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – Численные значения показателей [151], характеризующих причинно-следственную цепочку формирования дорожно-транспортной аварийности в субъектах Российской Федерации (2025) и расчетные показатели «Социальный риск *HR*» и «Тяжесть ДТП $Тяж_{ДТП}$»

Субъект РФ	Численные значения показателей (2025)						
	Население, чел.	Численность парка ТС, ед.	Число ДТП, ед./год	Число пострадавших в ДТП, чел./год	Число погибших в ДТП, чел./год	Социальный риск *HR*, погибших в ДТП/100 тыс. чел.	Тяжесть ДТП $Тяж_{ДТП}$, % погибших
Белгородская область	1481098	726400	1180	1631	115	7,8	7,1
Брянская область	1132475	442328	466	649	107	9,4	16,5
Владимирская область	1295930	537450	1817	2680	216	16,7	8,1
Воронежская область	2259610	1086917	2788	3925	317	14,0	8,1
Ивановская область	897869	386643	934	1277	70	7,8	5,5
Калужская область	1064747	464714	1149	1614	149	14,0	9,2
Костромская область	560758	253248	1046	1402	72	12,8	5,1
Курская область	1050134	502152	1004	1333	130	12,4	9,8
Липецкая область	1107812	479095	1089	1491	138	12,5	9,3
г. Москва	13258262	5440695	8166	9400	296	2,2	3,1
Московская область	8766594	3742568	3766	4756	699	8,0	14,7
Орловская область	685693	357971	736	1079	138	20,1	12,8
Рязанская область	1073981	567277	1491	2123	168	15,6	7,9
Смоленская область	857847	424502	773	999	103	12,0	10,3
Тамбовская область	946010	555342	1149	1615	107	11,3	6,6
Тверская область	1189685	620973	1378	1936	156	13,1	8,1
Тульская область	1455911	682597	1636	2291	178	12,2	7,8
Ярославская область	1179301	467057	1299	1732	151	12,8	8,7
Республика Карелия	518644	267292	683	950	71	13,7	7,5
Республика Коми	714391	381198	825	1110	59	8,3	5,3
Архангельская область	989021	320815	809	1060	58	5,9	5,5
Ненецкий автономный округ	41829	16383	17	23	1	2,4	4,3
Вологодская область	1114639	497620	1140	1569	127	11,4	8,1
Калининградская область	1033128	607955	1005	1240	75	7,3	6,0
г.Санкт-Петербург	5645943	2243873	3835	4327	147	2,6	3,4
Республика Адыгея	501038	201956	422	534	54	10,8	10,1
Республика Калмыкия	267376	105598	557	855	80	29,9	9,4
Республика Крым	1901113	661454	1194	1681	193	10,2	11,5
Краснодарский край	5841846	2834711	5992	7820	716	12,3	9,2
Астраханская область	945991	414884	1050	1396	108	11,4	7,7
Волгоградская область	2435355	1012026	2398	3312	271	11,1	8,2
Ростовская область	4135018	1775984	2651	3655	448	10,8	12,3
г. Севастополь	558163	147239	368	504	27	4,8	5,4
Республика Адыгея	501038	201956	422	534	54	10,8	10,1
Республика Калмыкия	267376	105598	557	855	80	29,9	9,4

Примечание. По причине большого объема данных и результатов промежуточных расчетов (2004…2025 гг.) в Приложении П. 1 приведен пример данных, характеризующих дорожно-транспортную аварийность в субъектах Российской Федерации только для данных 2025 г.

Продолжение таблицы П. 1

Субъект РФ	Численные значения показателей (2021)						
	Население, чел.	Численность парка ТС, ед.	Число ДТП, ед./год	Число пострадавших в ДТП, чел./год	Число погибших в ДТП, чел./год	Социальный риск *HR*, погибших в ДТП/100 тыс. чел.	Тяжесть ДТП $Тяж_{ДТП}$, % погибших
Республика Крым	1901113	661454	1194	1681	193	10,2	11,5
Краснодарский край	5841846	2834711	5992	7820	716	12,3	9,2
Республика Дагестан	3258993	973497	1520	2421	312	9,6	12,9
Республика Ингушетия	534219	94762	226	374	44	8,2	11,8
КБР	908090	336987	572	795	95	10,5	11,9
КЧР	468531	173288	438	646	67	14,3	10,4
Республика СОА	678454	294739	784	1257	69	10,2	5,5
Чеченская Республика	1575819	404224	130	237	45	2,9	19,0
Ставропольский край	2883494	1135984	2543	3484	299	10,4	8,6
Республика Башкортостан	4046094	1717466	2673	3596	375	9,3	10,4
Республика Марий Эл	665983	241145	818	1182	81	12,2	6,9
Республика Мордовия	758390	314560	527	769	87	11,5	11,3
Республика Татарстан	4016571	2152722	3339	4430	345	8,6	7,8
Удмуртская Республика	1427018	675650	1340	1743	138	9,7	7,9
Чувашская Республика	1159757	396028	799	1049	103	8,9	9,8
Пермский край	2482080	895183	2171	3070	234	9,4	7,6
Кировская область	1120178	530507	1620	2168	133	11,9	6,1
Нижегородская область	3037816	1268986	4574	6132	347	11,4	5,7
Оренбургская область	1815655	984564	1279	1801	225	12,4	12,5
Пензенская область	1225984	519413	1713	2495	191	15,6	7,7
Самарская область	3108944	1285107	3336	4550	298	9,6	6,5
Саратовская область	2368387	1070660	2494	3463	285	12,0	8,2
Ульяновская область	1164837	516104	902	1285	107	9,2	8,3
Курганская область	744197	344243	748	1028	123	16,5	12,0
Свердловская область	4218204	2082878	2567	3518	362	8,6	10,3
Тюменская область	1677339	682806	2699	3714	171	10,2	4,6
ХМАО-Югра	1779510	811835	1190	1723	106	6,0	6,2
ЯНАО	521655	262059	282	366	25	4,8	6,8
Челябинская область	3383188	1388876	3640	4741	307	9,1	6,5
Республика Алтай	210099	103885	348	500	48	22,8	9,6
Республика Тыва	338341	103315	584	989	111	32,8	11,2
Республика Хакасия	525451	245853	483	674	69	13,1	10,2
Алтайский край	2098979	1000139	2205	3064	217	10,3	7,1
Красноярский край	2837374	1412870	2935	3840	286	10,1	7,4
Иркутская область	2316571	1066781	2151	2965	288	12,4	9,7
Кемеровская область	2526384	1094486	2261	3007	228	9,0	7,6
Новосибирская область	2784587	1376083	2882	3780	289	10,4	7,6
Омская область	1805443	836737	2474	3389	142	7,9	4,2
Томская область	1039458	418949	477	621	52	5,0	8,4
Республика Бурятия	970679	378333	1025	1491	140	14,4	9,4
Республика Саха (Якутия)	1007058	373033	699	987	80	7,9	8,1
Забайкальский край	982525	469882	996	1349	216	22,0	16,0
Камчатский край	287949	141158	372	511	30	10,4	5,9
Приморский край	1798047	1136762	2350	3279	238	13,2	7,3

Окончание таблицы П. 1

Субъект РФ	Численные значения показателей (2021)						
	Население, чел.	Численность парка ТС, ед.	Число ДТП, ед./год	Число пострадавших в ДТП, чел./год	Число погибших в ДТП, чел./год	Социальный риск *HR*, погибших в ДТП/100 тыс. чел.	Тяжесть ДТП $Тяж_{ДТП}$, % погибших
Хабаровский край	1273093	573362	1239	1635	116	9,1	7,1
Амурская область	750870	369251	1065	1588	120	16,0	7,6
Магаданская область	134202	94680	168	229	16	11,9	7,0
Сахалинская область	456792	267235	394	536	36	7,9	6,7
Еврейская АО	144389	67704	210	305	29	20,1	9,5
Чукотский АО	47902	17132	24	27	2	4,2	7,4
Донецкая область	Официальные данные отсутствуют						
Луганская область							
Херсонская область							
Запорожская область							
РФ в целом	146119928	64070520	128793	173832	13943	9,5	8,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – Численные значения показателей [151], характеризующих причинно-следственную цепочку формирования дорожно-транспортной аварийности в крупнейших и крупных городах Российской Федерации (2021) и расчетных показателей «Социальный риск *HR*» и «Тяжесть ДТП $Тяж_{ДТП}$»

Город Российской Федерации	Численные значения показателей (2021)					
	Население, чел.	Число ДТП, ед./год	Число пострадавших в ДТП, чел./год	Число погибших в ДТП, чел./год	Социальный риск *HR*, погибших в ДТП/100 тыс. чел.	Тяжесть ДТП $Тяж_{ДТП}$, % погибших
Крупнейшие (с населением > 1 млн. чел) города						
Москва	12655000	8516	10008	358	2,83	3,58
Санкт-Петербург	5384000	5006	5878	197	3,66	3,35
Новосибирск	1620000	980	1175	83	5,12	7,06
Екатеринбург	1495000	1164	1513	66	4,41	4,36
Казань	1257000	1529	1804	38	3,02	2,11
Н. Новгород	1244000	1860	2316	55	4,42	2,37
Челябинск	1187000	1334	1692	42	3,54	2,48
Самара	1144000	1144	1419	44	3,85	3,10
Омск	1139000	1547	2014	57	5,00	2,83
Ростов-на-Дону	1137000	602	724	35	3,08	4,83
Уфа	1125000	1618	2024	44	3,91	2,17
Красноярск	1092000	1057	1236	38	3,48	3,07
Воронеж	1050000	1285	1634	52	4,95	3,18
Пермь	1049000	728	878	32	3,05	3,64
Волгоград	1004000	956	1290	44	4,38	3,41
Крупные (с населением от 250 тыс. чел. до 1 млн. чел.) города						
Краснодар	948827	939	1219	64	6,75	5,25
Саратов	830155	1103	1503	40	4.,82	2,66
Тюмень	816800	1452	2027	51	6,24	2,52
Тольятти	693072	633	802	22	3,17	2,74
Ижевск	646468	544	652	21	3,25	3,22
Барнаул	631127	830	1066	31	4,91	2,91
Ульяновск	625462	634	832	24	3,84	2,88
Иркутск	617315	861	1041	19	3,08	1,83
Хабаровск	610305	647	821	37	6,06	4,51
Махачкала	604266	333	476	33	5,46	6,93
Ярославль	601403	598	744	18	2,99	2,42
Владивосток	600871	737	903	36	5,99	3,99
Оренбург	572819	482	612	21	3,67	3,43
Томск	568508	227	264	17	2,99	6,44
Кемерово	552546	568	770	18	3,26	2,34
Новокузнецк	544583	382	523	22	4,04	4,21
Рязань	534801	730	977	23	4,30	2,35
Наб. Челны	532074	478	575	13	2,44	2,26
Астрахань	524371	702	899	24	4,58	2,67

Примечание. По причине большого объема данных и результатов промежуточных расчетов (2015…2025 гг.) в Приложении П. 2 приведен пример данных, характеризующих дорожно-транспортную аварийность в городах Российской Федерации только для данных 2021 г.

Окончание таблицы П. 2

Город Российской Федерации	Численные значения показателей (2021)					
	Население, чел.	Число ДТП, ед./год	Число пострадавших в ДТП, чел./год	Число погибших в ДТП, чел./год	Социальный риск *HR*, погибших в ДТП/100 тыс. чел.	Тяжесть ДТП $Тяж_{дтп}$, % погибших
Киров	521091	762	971	17	3,26	1,75
Пенза	516450	759	1032	24	4,65	2,33
Севастополь	509992	Нет данных				
Балашиха	507307	139	161	4	0,79	2,48
Липецк	503213	436	552	32	6,36	5,80
Чебоксары	495810	449	550	16	3,23	2,91
Калининград	493256	481	556	19	3,85	3,42
Тула	467955	711	942	42	8,98	4,46
Ставрополь	454488	529	706	22	4,84	3,12
Курск	450977	509	665	22	4,88	3,31
Улан-Удэ	437514	383	468	23	5,26	4,91
Сочи	432322	590	826	52	12,03	6,30
Тверь	424969	518	654	25	5,88	3,82
Магнитогорск	413251	299	383	13	3,15	3,39
Иваново	401505	455	559	6	1,49	1,07
Брянск	399579	239	303	9	2,25	2,97
Белгород	391702	220	301	8	2,04	2,66
Сургут	387235	261	352	6	1,55	1,70
Владимир	352347	456	621	29	8,23	4,67
Чита	350861	322	404	25	7,13	6,19
Архангельск	344927	232	287	7	2,03	2,44
Нижний Тагил	344656	202	314	30	8,70	9,55
Симферополь	336212	299	398	16	4,76	4,02
Калуга	331842	385	508	27	8,14	5,31
Якутск	330615	369	467	14	4,23	3,00
Грозный	324602	73	120	18	5,55	15,00
Волжский	323853	326	417	15	4,63	3,60
Смоленск	320170	299	406	7	2,19	1,72
Саранск	317432	250	351	18	5,67	5,13
Череповец	312091	292	345	8	2,56	2,32
Курган	309285	378	493	22	7,11	4,46
Подольск		Нет данных				
Вологда	308530	338	412	2	0,65	0,49
Орёл	303696	260	340	11	3,62	3,24
Владикавказ	301543	309	472	25	8,29	5,30
Тамбов	289701	395	507	6	2,07	1,18
Мурманск	282851	330	406	9	3,18	2,22
Петрозаводск	280711	168	206	9	3,21	4,37
Нижневартовск	278725	246	364	10	3,59	2,75
Кострома	277393	337	416	8	2,88	1,92
Йошкар-Ола	276155	Нет данных				
Новороссийск	275795	390	484	22	7,98	4,55
Стерлитамак	274134	161	209	5	1,82	2,39
Химки	257757	71	86	11	4,27	12,79

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – Пример (для данных 2025 г.) расчета региональных значений энтропии четырехзвенного *(Н-4)* процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в ФО и субъектах Российской Федерации

Таблица П. 3.1 – Исходные данные (2025 г.) и расчетные значения коэффициентов передачи информации K_i в причинно-следственном механизме (*Н-4*) формирования дорожно-транспортной аварийности

Субъекты Российской Федерации (2025)	*Население, тыс. чел.*	*Парк ТС., ед.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_N	K_{RA}	K_V	K_D
Белгородская область	1481098	726400	1180	1631	115	7,8	7,1	0,4904	0,0016
Брянская область	1132475	442328	466	649	107	9,4	16,5	0,3906	0,0011
Владимирская область	1295930	537450	1817	2680	216	16,7	8,1	0,4147	0,0034
Воронежская область	2259610	1086917	2788	3925	317	14,0	8,1	0,4810	0,0026
Ивановская область	897869	386643	934	1277	70	7,8	5,5	0,4306	0,0024
Калужская область	1064747	464714	1149	1614	149	14,0	9,2	0,4365	0,0025
Костромская область	560758	253248	1046	1402	72	12,8	5,1	0,4516	0,0041
Курская область	1050134	502152	1004	1333	130	12,4	9,8	0,4782	0,0020
Липецкая область	1107812	479095	1089	1491	138	12,5	9,3	0,4325	0,0023
Московская область	8766594	3742568	3766	4756	699	8,0	14,7	0,4269	0,0010
Орловская область	685693	357971	736	1079	138	20,1	12,8	0,5221	0,0021
Рязанская область	1073981	567277	1491	2123	168	15,6	7,9	0,5282	0,0026
Смоленская область	857847	424502	773	999	103	12,0	10,3	0,4948	0,0018
Тамбовская область	946010	555342	1149	1615	107	11,3	6,6	0,5870	0,0021
Тверская область	1189685	620973	1378	1936	156	13,1	8,1	0,5220	0,0022
Тульская область	1455911	682597	1636	2291	178	12,2	7,8	0,4688	0,0024
Ярославская область	1179301	467057	1299	1732	151	12,8	8,7	0,3960	0,0028
г. Москва	13258262	5440695	8166	9400	296	2,2	3,1	0,4104	0,0015
Республика Карелия	518644	267292	683	950	71	13,7	7,5	0,5154	0,0026

Примечание. По причине большого объема данных и результатов промежуточных расчетов (2004…2025 гг.) в Приложении П. 3 приведен пример детального расчета Относительной энтропии *($H_{n\ БДД\text{-}4}$)* процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в субъектах Российской Федерации только для данных 2025 г.

Продолжение таблицы П. 3.1

Субъекты Российской Федерации (2025)	*Население, тыс. чел.*	*Парк ТС., ед.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_N	K_{RA}	K_V	K_D
Республика Коми	714391	381198	825	1110	59	8,3	5,3	0,5336	0,0022
Архангельская область	989021	320815	809	1060	58	5,9	5,5	0,3244	0,0025
Ненецкий автономный округ	41829	16383	17	23	1	2,4	4,3	0,3917	0,0010
Вологодская область	1114639	497620	1140	1569	127	11,4	8,1	0,4464	0,0023
Калининградская область	1033128	607955	1005	1240	75	7,3	6,0	0,5885	0,0017
Ленинградская область	2057708	855720	1663	2236	259	12,6	11,6	0,4159	0,0019
Мурманская область	650920	283223	634	923	48	7,4	5,2	0,4351	0,0022
Новгородская область	566745	253703	664	854	87	15,4	10,2	0,4476	0,0026
Псковская область	574199	349054	684	963	73	12,7	7,6	0,6079	0,0020
г.Санкт-Петербург	5645943	2243873	3835	4327	147	2,6	3,4	0,3974	0,0017
Республика Адыгея	501038	201956	422	534	54	10,8	10,1	0,4031	0,0021
Республика Калмыкия	267376	105598	557	855	80	29,9	9,4	0,3949	0,0053
Республика Крым	1901113	661454	1194	1681	193	10,2	11,5	0,3479	0,0018
Краснодарский край	5841846	2834711	5992	7820	716	12,3	9,2	0,4852	0,0021
Астраханская область	945991	414884	1050	1396	108	11,4	7,7	0,4386	0,0025
Волгоградская область	2435355	1012026	2398	3312	271	11,1	8,2	0,4156	0,0024
Ростовская область	4135018	1775984	2651	3655	448	10,8	12,3	0,4295	0,0015
г. Севастополь	558163	147239	368	504	27	4,8	5,4	0,2638	0,0025
Республика Дагестан	3258993	973497	1520	2421	312	9,6	12,9	0,2987	0,0016
Республика Ингушетия	534219	94762	226	374	44	8,2	11,8	0,1774	0,0024
Кабардино-Балкарская Республика	908090	336987	572	795	95	10,5	11,9	0,3711	0,0017
Карачаево-Черкесская Республика	468531	173288	438	646	67	14,3	10,4	0,3699	0,0025
Республика Северная Осетия-Алания	678454	294739	784	1257	69	10,2	5,5	0,4344	0,0027
Чеченская Республика	1575819	404224	130	237	45	2,9	19,0	0,2565	0,0003
Ставропольский край	2883494	1135984	2543	3484	299	10,4	8,6	0,3940	0,0022

Продолжение таблицы П. 3.1

Субъекты Российской Федерации (2025)	*Население, тыс. чел.*	*Парк ТС., ед.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_N	K_{RA}	K_V	K_D
Республика Башкортостан	4046094	1717466	2673	3596	375	9,3	10,4	0,4245	0,0016
Республика Марий Эл	665983	241145	818	1182	81	12,2	6,9	0,3621	0,0034
Республика Мордовия	758390	314560	527	769	87	11,5	11,3	0,4148	0,0017
Республика Татарстан	4016571	2152722	3339	4430	345	8,6	7,8	0,5360	0,0016
Удмуртская Республика	1427018	675650	1340	1743	138	9,7	7,9	0,4735	0,0020
Чувашская Республика	1159757	396028	799	1049	103	8,9	9,8	0,3415	0,0020
Пермский край	2482080	895183	2171	3070	234	9,4	7,6	0,3607	0,0024
Кировская область	1120178	530507	1620	2168	133	11,9	6,1	0,4736	0,0031
Нижегородская область	3037816	1268986	4574	6132	347	11,4	5,7	0,4177	0,0036
Оренбургская область	1815655	984564	1279	1801	225	12,4	12,5	0,5423	0,0013
Пензенская область	1225984	519413	1713	2495	191	15,6	7,7	0,4237	0,0033
Самарская область	3108944	1285107	3336	4550	298	9,6	6,5	0,4134	0,0026
Саратовская область	2368387	1070660	2494	3463	285	12,0	8,2	0,4521	0,0023
Ульяновская область	1164837	516104	902	1285	107	9,2	8,3	0,4431	0,0017
Курганская область	744197	344243	748	1028	123	16,5	12,0	0,4626	0,0022
Свердловская область	4218204	2082878	2567	3518	362	8,6	10,3	0,4938	0,0012
Тюменская область	1677339	682806	2699	3714	171	10,2	4,6	0,4071	0,0040
ХМАО-Югра	1779510	811835	1190	1723	106	6,0	6,2	0,4562	0,0015
Ямало-Ненецкий автономный округ	521655	262059	282	366	25	4,8	6,8	0,5024	0,0011
Челябинская область	3383188	1388876	3640	4741	307	9,1	6,5	0,4105	0,0026
Республика Алтай	210099	103885	348	500	48	22,8	9,6	0,4945	0,0033
Республика Тыва	338341	103315	584	989	111	32,8	11,2	0,3054	0,0057
Республика Хакасия	525451	245853	483	674	69	13,1	10,2	0,4679	0,0020
Алтайский край	2098979	1000139	2205	3064	217	10,3	7,1	0,4765	0,0022
Красноярский край	2837374	1412870	2935	3840	286	10,1	7,4	0,4979	0,0021
Иркутская область	2316571	1066781	2151	2965	288	12,4	9,7	0,4605	0,0020
Кемеровская область	2526384	1094486	2261	3007	228	9,0	7,6	0,4332	0,0021

Окончание таблицы П. 3.1

Субъекты Российской Федерации (2025)	*Население, тыс. чел.*	*Парк ТС., ед.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_N	K_{RA}	K_V	K_D
Новосибирская область	2784587	1376083	2882	3780	289	10,4	7,6	0,4942	0,0021
Омская область	1805443	836737	2474	3389	142	7,9	4,2	0,4635	0,0030
Томская область	1039458	418949	477	621	52	5,0	8,4	0,4030	0,0011
Республика Бурятия	970679	378333	1025	1491	140	14,4	9,4	0,3898	0,0027
Республика Саха (Якутия)	1007058	373033	699	987	80	7,9	8,1	0,3704	0,0019
Забайкальский край	982525	469882	996	1349	216	22,0	16,0	0,4782	0,0021
Камчатский край	287949	141158	372	511	30	10,4	5,9	0,4902	0,0026
Приморский край	1798047	1136762	2350	3279	238	13,2	7,3	0,6322	0,0021
Хабаровский край	1273093	573362	1239	1635	116	9,1	7,1	0,4504	0,0022
Амурская область	750870	369251	1065	1588	120	16,0	7,6	0,4918	0,0029
Магаданская область	134202	94680	168	229	16	11,9	7,0	0,7055	0,0018
Сахалинская область	456792	267235	394	536	36	7,9	6,7	0,5850	0,0015
Еврейская автономная область	144389	67704	210	305	29	20,1	9,5	0,4689	0,0031
Чукотский автономный округ	47902	17132	24	27	2	4,2	7,4	0,3576	0,0014
Донецкая область	Официальные данные отсутствуют								
Луганская область									
Херсонская область									
Запорожская область									
Российская Федерация в целом	146119928	64070520	128793	173832	13943	9,5	8,0	0,438	0,0020

Таблица П. 3.2 – Результаты расчета (2025 г.) позитива Q_i звеньев информационной передачи в причинно-следственной цепочке *(H-4)* формирования БДД и их относительного веса

Субъекты Российской Федерации (2025)	$Q(K_N)$	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$	ΣQ_i	Доля / Вес $Q(K_N)$	Доля / Вес $Q(K_{RA})$	Доля / Вес $Q(K_V)$	Доля / Вес $Q(K_D)$
Белгородская область	0,712	6,423	0,324	2,652	10,111	0,070	0,635	0,032	0,262
Брянская область	0,940	6,856	0,331	1,803	9,930	0,095	0,690	0,033	0,182
Владимирская область	0,880	5,690	0,389	2,518	9,477	0,093	0,600	0,041	0,266
Воронежская область	0,732	5,966	0,342	2,516	9,556	0,077	0,624	0,036	0,263
Ивановская область	0,843	6,026	0,313	2,904	10,085	0,084	0,598	0,031	0,288
Калужская область	0,829	6,003	0,340	2,383	9,554	0,087	0,628	0,036	0,249
Костромская область	0,795	5,489	0,293	2,969	9,546	0,083	0,575	0,031	0,311
Курская область	0,738	6,215	0,283	2,328	9,564	0,077	0,650	0,030	0,243
Липецкая область	0,838	6,087	0,314	2,380	9,619	0,087	0,633	0,033	0,247
Московская область	0,851	6,902	0,233	1,918	9,904	0,086	0,697	0,024	0,194
Орловская область	0,650	6,187	0,383	2,057	9,276	0,070	0,667	0,041	0,222
Рязанская область	0,638	5,941	0,353	2,537	9,470	0,067	0,627	0,037	0,268
Смоленская область	0,704	6,308	0,256	2,272	9,540	0,074	0,661	0,027	0,238
Тамбовская область	0,533	6,181	0,340	2,714	9,768	0,055	0,633	0,035	0,278
Тверская область	0,650	6,111	0,340	2,519	9,619	0,068	0,635	0,035	0,262
Тульская область	0,757	6,034	0,337	2,555	9,683	0,078	0,623	0,035	0,264
Ярославская область	0,926	5,885	0,288	2,440	9,539	0,097	0,617	0,030	0,256
г. Москва	0,891	6,502	0,141	3,458	10,991	0,081	0,592	0,013	0,315
Республика Карелия	0,663	5,970	0,330	2,594	9,556	0,069	0,625	0,035	0,271
Республика Коми	0,628	6,136	0,297	2,935	9,995	0,063	0,614	0,030	0,294
Архангельская область	1,126	5,983	0,270	2,906	10,284	0,109	0,582	0,026	0,283
Ненецкий автономный округ	0,937	6,871	0,302	3,135	11,246	0,083	0,611	0,027	0,279
Вологодская область	0,806	6,079	0,319	2,514	9,719	0,083	0,625	0,033	0,259
Калининградская область	0,530	6,405	0,210	2,805	9,951	0,053	0,644	0,021	0,282
Ленинградская область	0,877	6,243	0,296	2,156	9,572	0,092	0,652	0,031	0,225
Мурманская область	0,832	6,102	0,376	2,956	10,266	0,081	0,594	0,037	0,288

Продолжение таблицы П. 3.2

Субъекты Российской Федерации (2025)	$Q(K_N)$	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$	ΣQ_i	*Доля / Вес* $Q(K_N)$	*Доля / Вес* $Q(K_{RA})$	*Доля / Вес* $Q(K_V)$	*Доля / Вес* $Q(K_D)$
Новгородская область	0,804	5,946	0,252	2,284	9,285	0,087	0,640	0,027	0,246
Псковская область	0,498	6,235	0,342	2,580	9,654	0,052	0,646	0,035	0,267
г.Санкт-Петербург	0,923	6,372	0,121	3,382	10,797	0,085	0,590	0,011	0,313
Республика Адыгея	0,909	6,171	0,235	2,291	9,606	0,095	0,642	0,025	0,239
Республика Калмыкия	0,929	5,245	0,429	2,369	8,971	0,104	0,585	0,048	0,264
Республика Крым	1,056	6,317	0,342	2,164	9,879	0,107	0,639	0,035	0,219
Краснодарский край	0,723	6,159	0,266	2,391	9,539	0,076	0,646	0,028	0,251
Астраханская область	0,824	5,979	0,285	2,559	9,647	0,085	0,620	0,030	0,265
Волгоградская область	0,878	6,045	0,323	2,503	9,749	0,090	0,620	0,033	0,257
Ростовская область	0,845	6,507	0,321	2,099	9,773	0,086	0,666	0,033	0,215
г. Севастополь	1,333	5,992	0,314	2,927	10,566	0,126	0,567	0,030	0,277
Республика Дагестан	1,208	6,462	0,465	2,049	10,185	0,119	0,634	0,046	0,201
Республика Ингушетия	1,729	6,039	0,504	2,140	10,412	0,166	0,580	0,048	0,206
Кабардино-Балкарская Республика	0,991	6,379	0,329	2,124	9,824	0,101	0,649	0,034	0,216
Карачаево-Черкесская Республика	0,995	5,980	0,389	2,266	9,630	0,103	0,621	0,040	0,235
Республика Северная Осетия-Алания	0,834	5,929	0,472	2,902	10,138	0,082	0,585	0,047	0,286
Чеченская Республика	1,361	8,042	0,601	1,661	11,665	0,117	0,689	0,051	0,142
Ставропольский край	0,932	6,102	0,315	2,455	9,804	0,095	0,622	0,032	0,250
Республика Башкортостан	0,857	6,465	0,297	2,261	9,880	0,087	0,654	0,030	0,229
Республика Марий Эл	1,016	5,686	0,368	2,681	9,751	0,104	0,583	0,038	0,275
Республика Мордовия	0,880	6,392	0,378	2,179	9,829	0,090	0,650	0,038	0,222
Республика Татарстан	0,624	6,469	0,283	2,553	9,928	0,063	0,652	0,028	0,257
Удмуртская Республика	0,748	6,223	0,263	2,536	9,770	0,077	0,637	0,027	0,260
Чувашская Республика	1,074	6,206	0,272	2,321	9,873	0,109	0,629	0,028	0,235
Пермский край	1,020	6,022	0,346	2,574	9,962	0,102	0,604	0,035	0,258
Кировская область	0,747	5,791	0,291	2,791	9,621	0,078	0,602	0,030	0,290
Нижегородская область	0,873	5,626	0,293	2,872	9,664	0,090	0,582	0,030	0,297

Продолжение таблицы П. 3.2

Субъекты Российской Федерации (2025)	$Q(K_N)$	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$	ΣQ_i	*Доля / Вес* $Q(K_N)$	*Доля / Вес* $Q(K_{RA})$	*Доля / Вес* $Q(K_V)$	*Доля / Вес* $Q(K_D)$
Оренбургская область	0,612	6,646	0,342	2,080	9,680	0,063	0,687	0,035	0,215
Пензенская область	0,859	5,714	0,376	2,570	9,519	0,090	0,600	0,040	0,270
Самарская область	0,883	5,954	0,310	2,726	9,873	0,089	0,603	0,031	0,276
Саратовская область	0,794	6,062	0,328	2,497	9,682	0,082	0,626	0,034	0,258
Ульяновская область	0,814	6,349	0,354	2,486	10,003	0,081	0,635	0,035	0,248
Курганская область	0,771	6,132	0,318	2,123	9,344	0,083	0,656	0,034	0,227
Свердловская область	0,706	6,699	0,315	2,274	9,994	0,071	0,670	0,032	0,228
Тюменская область	0,899	5,533	0,319	3,078	9,830	0,091	0,563	0,032	0,313
ХМАО-Югра	0,785	6,525	0,370	2,788	10,469	0,075	0,623	0,035	0,266
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,688	6,834	0,261	2,684	10,467	0,066	0,653	0,025	0,256
Челябинская область	0,890	5,944	0,264	2,737	9,836	0,091	0,604	0,027	0,278
Республика Алтай	0,704	5,699	0,362	2,343	9,109	0,077	0,626	0,040	0,257
Республика Тыва	1,186	5,176	0,527	2,187	9,076	0,131	0,570	0,058	0,241
Республика Хакасия	0,760	6,232	0,333	2,279	9,604	0,079	0,649	0,035	0,237
Алтайский край	0,741	6,117	0,329	2,648	9,835	0,075	0,622	0,033	0,269
Красноярский край	0,697	6,177	0,269	2,597	9,740	0,072	0,634	0,028	0,267
Иркутская область	0,775	6,206	0,321	2,332	9,635	0,080	0,644	0,033	0,242
Кемеровская область	0,837	6,182	0,285	2,579	9,883	0,085	0,626	0,029	0,261
Новосибирская область	0,705	6,169	0,271	2,571	9,716	0,073	0,635	0,028	0,265
Омская область	0,769	5,824	0,315	3,172	10,080	0,076	0,578	0,031	0,315
Томская область	0,909	6,778	0,264	2,480	10,431	0,087	0,650	0,025	0,238
Республика Бурятия	0,942	5,911	0,375	2,366	9,594	0,098	0,616	0,039	0,247
Республика Саха (Якутия)	0,993	6,280	0,345	2,513	10,131	0,098	0,620	0,034	0,248
Забайкальский край	0,738	6,156	0,303	1,832	9,029	0,082	0,682	0,034	0,203
Камчатский край	0,713	5,939	0,317	2,835	9,804	0,073	0,606	0,032	0,289
Приморский край	0,459	6,182	0,333	2,623	9,596	0,048	0,644	0,035	0,273
Хабаровский край	0,798	6,137	0,277	2,646	9,858	0,081	0,623	0,028	0,268

Окончание таблицы П. 3.2

Субъекты Российской Федерации (2025)	$Q(K_N)$	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$	ΣQ_i	*Доля / Вес* $Q(K_N)$	*Доля / Вес* $Q(K_{RA})$	*Доля / Вес* $Q(K_V)$	*Доля / Вес* $Q(K_D)$
Амурская область	0,710	5,849	0,400	2,583	9,540	0,074	0,613	0,042	0,271
Магаданская область	0,349	6,334	0,310	2,661	9,654	0,036	0,656	0,032	0,276
Сахалинская область	0,536	6,520	0,308	2,701	10,064	0,053	0,648	0,031	0,268
Еврейская автономная область	0,757	5,776	0,373	2,353	9,259	0,082	0,624	0,040	0,254
Чукотский автономный округ	1,028	6,571	0,118	2,603	10,319	0,100	0,637	0,011	0,252
Донецкая область	Официальные данные отсутствуют								
Луганская область									
Херсонская область									
Запорожская область									
Российская Федерация в целом	0,824	6,210	0,300	2,523	9,857	0,084	0,630	0,030	0,256

Таблица П. 3.3 – Результаты расчета (2025 г.) значений энтропии $H_{БДД}$ и Относительной энтропии $H_{п\ БДД}$ четырехзвенного *(Н-4)* процесса формирования региональной дорожно-транспортной аварийности в регионах Российской Федерации

Субъекты Российской Федерации (2025)	$ln\ (\omega_N)$	$ln\ (\omega_{RA})$	$ln\ (\omega_V)$	$ln\ (\omega_D)$	$(\omega_N) \cdot \cdot ln\ (\omega_N)$	$(\omega_{RA}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{RA})$	$(\omega_V) \cdot \cdot ln\ (\omega_V)$	$(\omega_D) \cdot \cdot ln\ (\omega_D)$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$	$H_{п\ БДД-4}$
Белгородская область	-2,653	-0,454	-3,442	-1,338	-0,187	-0,288	-0,110	-0,351	0,936	0,675
Брянская область	-2,357	-0,370	-3,400	-1,706	-0,223	-0,256	-0,113	-0,310	0,902	0,651
Владимирская область	-2,377	-0,510	-3,194	-1,325	-0,221	-0,306	-0,131	-0,352	1,010	0,729
Воронежская область	-2,569	-0,471	-3,330	-1,334	-0,197	-0,294	-0,119	-0,351	0,961	0,694
Ивановская область	-2,482	-0,515	-3,473	-1,245	-0,207	-0,308	-0,108	-0,358	0,981	0,708
Калужская область	-2,444	-0,465	-3,336	-1,389	-0,212	-0,292	-0,119	-0,346	0,969	0,699
Костромская область	-2,486	-0,553	-3,484	-1,168	-0,207	-0,318	-0,107	-0,363	0,995	0,718
Курская область	-2,562	-0,431	-3,519	-1,413	-0,198	-0,280	-0,104	-0,344	0,926	0,668
Липецкая область	-2,440	-0,458	-3,422	-1,397	-0,213	-0,290	-0,112	-0,346	0,960	0,692
Московская область	-2,454	-0,361	-3,748	-1,642	-0,211	-0,252	-0,088	-0,318	0,869	0,627
Орловская область	-2,658	-0,405	-3,188	-1,506	-0,186	-0,270	-0,131	-0,334	0,922	0,665
Рязанская область	-2,697	-0,466	-3,288	-1,317	-0,182	-0,292	-0,123	-0,353	0,950	0,685
Смоленская область	-2,607	-0,414	-3,616	-1,435	-0,192	-0,274	-0,097	-0,342	0,905	0,653
Тамбовская область	-2,909	-0,458	-3,357	-1,281	-0,159	-0,290	-0,117	-0,356	0,921	0,664
Тверская область	-2,694	-0,454	-3,343	-1,340	-0,182	-0,288	-0,118	-0,351	0,939	0,678
Тульская область	-2,548	-0,473	-3,359	-1,332	-0,199	-0,295	-0,117	-0,352	0,962	0,694
Ярославская область	-2,332	-0,483	-3,501	-1,363	-0,226	-0,298	-0,106	-0,349	0,979	0,706
г. Москва	-2,513	-0,525	-4,358	-1,156	-0,204	-0,311	-0,056	-0,364	0,934	0,674
Республика Карелия	-2,668	-0,471	-3,366	-1,304	-0,185	-0,294	-0,116	-0,354	0,949	0,685
Республика Коми	-2,767	-0,488	-3,517	-1,226	-0,174	-0,300	-0,104	-0,360	0,938	0,676
Архангельская область	-2,212	-0,542	-3,639	-1,264	-0,242	-0,315	-0,096	-0,357	1,010	0,729
Ненецкий автономный округ	-2,485	-0,493	-3,616	-1,277	-0,207	-0,301	-0,097	-0,356	0,961	0,694
Вологодская область	-2,489	-0,469	-3,415	-1,352	-0,207	-0,293	-0,112	-0,350	0,962	0,694
Калининградская область	-2,932	-0,441	-3,858	-1,266	-0,156	-0,284	-0,081	-0,357	0,878	0,634
Ленинградская область	-2,390	-0,427	-3,476	-1,491	-0,219	-0,279	-0,108	-0,336	0,941	0,679
Мурманская область	-2,513	-0,520	-3,308	-1,245	-0,204	-0,309	-0,121	-0,358	0,992	0,716

Продолжение таблицы П. 3.3

Субъекты Российской Федерации (2025)	$ln\ (\omega_N)$	$ln\ (\omega_{RA})$	$ln\ (\omega_V)$	$ln\ (\omega_D)$	$(\omega_N) \cdot \cdot ln\ (\omega_N)$	$(\omega_{RA}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{RA})$	$(\omega_V) \cdot \cdot ln\ (\omega_V)$	$(\omega_D) \cdot \cdot ln\ (\omega_D)$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$	$H_{n\ БДД\text{-}4}$
Новгородская область	-2,447	-0,446	-3,608	-1,402	-0,212	-0,285	-0,098	-0,345	0,940	0,678
Псковская область	-2,965	-0,437	-3,340	-1,320	-0,153	-0,282	-0,118	-0,353	0,906	0,654
г.Санкт-Петербург	-2,460	-0,527	-4,494	-1,161	-0,210	-0,311	-0,050	-0,364	0,935	0,675
Республика Адыгея	-2,358	-0,443	-3,709	-1,433	-0,223	-0,284	-0,091	-0,342	0,940	0,678
Республика Калмыкия	-2,268	-0,537	-3,041	-1,332	-0,235	-0,314	-0,145	-0,352	1,046	0,754
Республика Крым	-2,236	-0,447	-3,363	-1,518	-0,239	-0,286	-0,116	-0,333	0,974	0,703
Краснодарский край	-2,580	-0,437	-3,579	-1,384	-0,196	-0,282	-0,100	-0,347	0,925	0,667
Астраханская область	-2,460	-0,478	-3,523	-1,327	-0,210	-0,297	-0,104	-0,352	0,963	0,694
Волгоградская область	-2,407	-0,478	-3,408	-1,360	-0,217	-0,296	-0,113	-0,349	0,975	0,703
Ростовская область	-2,448	-0,407	-3,415	-1,538	-0,212	-0,271	-0,112	-0,330	0,925	0,667
г. Севастополь	-2,070	-0,567	-3,514	-1,284	-0,261	-0,322	-0,105	-0,356	1,043	0,752
Республика Дагестан	-2,132	-0,455	-3,086	-1,604	-0,253	-0,289	-0,141	-0,323	1,005	0,725
Республика Ингушетия	-1,795	-0,545	-3,029	-1,582	-0,298	-0,316	-0,147	-0,325	1,086	0,783
Кабардино-Балкарская Республика	-2,294	-0,432	-3,396	-1,531	-0,231	-0,280	-0,114	-0,331	0,957	0,690
Карачаево-Черкесская Республика	-2,270	-0,476	-3,210	-1,447	-0,234	-0,296	-0,130	-0,340	1,000	0,722
Республика Северная Осетия-Алания	-2,498	-0,536	-3,067	-1,251	-0,205	-0,314	-0,143	-0,358	1,020	0,736
Чеченская Республика	-2,149	-0,372	-2,967	-1,949	-0,251	-0,256	-0,153	-0,278	0,937	0,676
Ставропольский край	-2,354	-0,474	-3,438	-1,384	-0,224	-0,295	-0,110	-0,347	0,976	0,704
Республика Башкортостан	-2,445	-0,424	-3,506	-1,475	-0,212	-0,277	-0,105	-0,337	0,932	0,672
Республика Марий Эл	-2,262	-0,539	-3,277	-1,291	-0,236	-0,314	-0,124	-0,355	1,029	0,742
Республика Мордовия	-2,413	-0,430	-3,258	-1,506	-0,216	-0,280	-0,125	-0,334	0,955	0,689
Республика Татарстан	-2,767	-0,428	-3,559	-1,358	-0,174	-0,279	-0,101	-0,349	0,904	0,652
Удмуртская Республика	-2,570	-0,451	-3,615	-1,349	-0,197	-0,287	-0,097	-0,350	0,931	0,672
Чувашская Республика	-2,218	-0,464	-3,591	-1,448	-0,241	-0,292	-0,099	-0,340	0,973	0,702
Пермский край	-2,279	-0,503	-3,359	-1,353	-0,233	-0,304	-0,117	-0,350	1,004	0,724
Кировская область	-2,555	-0,508	-3,497	-1,238	-0,198	-0,306	-0,106	-0,359	0,969	0,699
Нижегородская область	-2,404	-0,541	-3,495	-1,213	-0,217	-0,315	-0,106	-0,361	0,999	0,720

Продолжение таблицы П. 3.3

Субъекты Российской Федерации (2025)	$ln\ (\omega_N)$	$ln\ (\omega_{RA})$	$ln\ (\omega_V)$	$ln\ (\omega_D)$	$(\omega_N) \cdot \cdot ln\ (\omega_N)$	$(\omega_{RA}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{RA})$	$(\omega_V) \cdot \cdot ln\ (\omega_V)$	$(\omega_D) \cdot \cdot ln\ (\omega_D)$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$	$H_{n\ БДД\text{-}4}$
Оренбургская область	-2,761	-0,376	-3,342	-1,538	-0,175	-0,258	-0,118	-0,330	0,881	0,636
Пензенская область	-2,406	-0,510	-3,231	-1,309	-0,217	-0,306	-0,128	-0,354	1,005	0,725
Самарская область	-2,414	-0,506	-3,460	-1,287	-0,216	-0,305	-0,109	-0,355	0,985	0,711
Саратовская область	-2,501	-0,468	-3,384	-1,355	-0,205	-0,293	-0,115	-0,350	0,962	0,694
Ульяновская область	-2,509	-0,455	-3,342	-1,392	-0,204	-0,289	-0,118	-0,346	0,957	0,690
Курганская область	-2,495	-0,421	-3,381	-1,482	-0,206	-0,276	-0,115	-0,337	0,934	0,674
Свердловская область	-2,651	-0,400	-3,457	-1,480	-0,187	-0,268	-0,109	-0,337	0,901	0,650
Тюменская область	-2,392	-0,575	-3,427	-1,161	-0,219	-0,323	-0,111	-0,364	1,017	0,734
ХМАО-Югра	-2,591	-0,473	-3,342	-1,323	-0,194	-0,295	-0,118	-0,352	0,959	0,692
Ямало-Ненецкий автономный округ	-2,722	-0,426	-3,693	-1,361	-0,179	-0,278	-0,092	-0,349	0,898	0,648
Челябинская область	-2,402	-0,504	-3,617	-1,279	-0,217	-0,304	-0,097	-0,356	0,975	0,703
Республика Алтай	-2,560	-0,469	-3,224	-1,358	-0,198	-0,293	-0,128	-0,349	0,969	0,699
Республика Тыва	-2,035	-0,562	-2,847	-1,423	-0,266	-0,320	-0,165	-0,343	1,094	0,789
Республика Хакасия	-2,537	-0,432	-3,361	-1,438	-0,201	-0,281	-0,117	-0,341	0,939	0,678
Алтайский край	-2,585	-0,475	-3,398	-1,312	-0,195	-0,295	-0,114	-0,353	0,957	0,690
Красноярский край	-2,637	-0,455	-3,590	-1,322	-0,189	-0,289	-0,099	-0,352	0,929	0,670
Иркутская область	-2,520	-0,440	-3,402	-1,419	-0,203	-0,283	-0,113	-0,343	0,943	0,680
Кемеровская область	-2,469	-0,469	-3,546	-1,343	-0,209	-0,293	-0,102	-0,351	0,955	0,689
Новосибирская область	-2,623	-0,454	-3,578	-1,329	-0,190	-0,288	-0,100	-0,352	0,930	0,671
Омская область	-2,573	-0,549	-3,467	-1,156	-0,196	-0,317	-0,108	-0,364	0,985	0,711
Томская область	-2,440	-0,431	-3,677	-1,436	-0,213	-0,280	-0,093	-0,342	0,927	0,669
Республика Бурятия	-2,321	-0,484	-3,243	-1,400	-0,228	-0,298	-0,127	-0,345	0,998	0,720
Республика Саха (Якутия)	-2,322	-0,478	-3,380	-1,394	-0,228	-0,296	-0,115	-0,346	0,985	0,711
Забайкальский край	-2,505	-0,383	-3,393	-1,595	-0,205	-0,261	-0,114	-0,324	0,903	0,652
Камчатский край	-2,621	-0,501	-3,430	-1,241	-0,191	-0,304	-0,111	-0,359	0,964	0,695
Приморский край	-3,041	-0,440	-3,361	-1,297	-0,145	-0,283	-0,117	-0,355	0,900	0,649
Хабаровский край	-2,514	-0,474	-3,571	-1,315	-0,203	-0,295	-0,100	-0,353	0,952	0,687

Окончание таблицы П. 3.3

Субъекты Российской Федерации (2025)	$ln\ (\omega_N)$	$ln\ (\omega_{RA})$	$ln\ (\omega_V)$	$ln\ (\omega_D)$	$(\omega_N) \cdot \cdot ln\ (\omega_N)$	$(\omega_{RA}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{RA})$	$(\omega_V) \cdot \cdot ln\ (\omega_V)$	$(\omega_D) \cdot \cdot ln\ (\omega_D)$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$	$H_{n\ БДД\text{-}4}$
Амурская область	-2,598	-0,489	-3,173	-1,307	-0,193	-0,300	-0,133	-0,354	0,980	0,707
Магаданская область	-3,321	-0,421	-3,439	-1,289	-0,120	-0,276	-0,110	-0,355	0,862	0,622
Сахалинская область	-2,932	-0,434	-3,487	-1,315	-0,156	-0,281	-0,107	-0,353	0,897	0,647
Еврейская автономная область	-2,504	-0,472	-3,211	-1,370	-0,205	-0,294	-0,129	-0,348	0,977	0,705
Чукотский автономный округ	-2,306	-0,451	-4,473	-1,377	-0,230	-0,287	-0,051	-0,347	0,916	0,661
Донецкая область	Официальные данные отсутствуют									
Луганская область										
Херсонская область										
Запорожская область										
Российская Федерация в целом	-2,481	-0,462	-3,493	-1,363	-0,208	-0,291	-0,106	-0,349	0,954	0,688

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 – Пример (для данных 2021 г.) расчета значений энтропии трехзвенного *(Н-3)* процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в крупнейших и крупных городах Российской Федерации

Таблица П. 4.1 – Исходные данные (2021 г.) и расчетные значения коэффициентов передачи информации K_i в причинно-следственном механизме (*Н-3.2*) формирования дорожно-транспортной аварийности

Города Российской Федерации (2021)	*Население, тыс. чел.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_{RA}	K_V	K_D
Москва	12655000	8516	10008	358	0,000673	1,1752	0,0358
Санкт-Петербург	5384000	5006	5878	197	0,000930	1,1742	0,0335
Новосибирск	1620000	980	1175	83	0,000605	1,1990	0,0706
Екатеринбург	1495000	1164	1513	66	0,000779	1,2998	0,0436
Казань	1257000	1529	1804	38	0,001216	1,1799	0,0211
Нижний Новгород	1244000	1860	2316	55	0,001495	1,2452	0,0237
Челябинск	1187000	1334	1692	42	0,001124	1,2684	0,0248
Самара	1144000	1144	1419	44	0,001000	1,2404	0,0310
Омск	1139000	1547	2014	57	0,001358	1,3019	0,0283
Ростов-на-Дону	1137000	602	724	35	0,000529	1,2027	0,0483
Уфа	1125000	1618	2024	44	0,001438	1,2509	0,0217
Красноярск	1092000	1057	1236	38	0,000968	1,1693	0,0307
Воронеж	1050000	1285	1634	52	0,001224	1,2716	0,0318
Пермь	1049000	728	878	32	0,000694	1,2060	0,0364
Волгоград	1004000	956	1290	44	0,000952	1,3494	0,0341
Краснодар	948827	939	1219	64	0,000990	1,2982	0,0525
Саратов	830155	1103	1503	40	0,001329	1,3626	0,0266
Тюмень	816800	1452	2027	51	0,001778	1,3960	0,0252
Тольятти	693072	633	802	22	0,000913	1,2670	0,0274

Примечание. По причине большого объема данных и результатов промежуточных расчетов (2015…2025 гг.) в Приложении П. 4 приведен пример детального расчета Относительной энтропии *($H_{n\ БДД\text{-}4}$)* процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в городах Российской Федерации только для данных 2021 г.

Продолжение таблицы П. 4.1

Города Российской Федерации (2021)	*Население, тыс. чел.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_{RA}	K_V	K_D
Ижевск	646468	544	652	21	0,000841	1,1985	0,0322
Барнаул	631127	830	1066	31	0,001315	1,2843	0,0291
Ульяновск	625462	634	832	24	0,001014	1,3123	0,0288
Иркутск	617315	861	1041	19	0,001395	1,2091	0,0183
Хабаровск	610305	647	821	37	0,001060	1,2689	0,0451
Махачкала	604266	333	476	33	0,000551	1,4294	0,0693
Ярославль	601403	598	744	18	0,000994	1,2441	0,0242
Владивосток	600871	737	903	36	0,001227	1,2252	0,0399
Оренбург	572819	482	612	21	0,000841	1,2697	0,0343
Томск	568508	227	264	17	0,000399	1,1630	0,0644
Кемерово	552546	568	770	18	0,001028	1,3556	0,0234
Новокузнецк	544583	382	523	22	0,000701	1,3691	0,0421
Рязань	534801	730	977	23	0,001365	1,3384	0,0235
Набережные Челны	532074	478	575	13	0,000898	1,2029	0,0226
Астрахань	524371	702	899	24	0,001339	1,2806	0,0267
Киров	521091	762	971	17	0,001462	1,2743	0,0175
Пенза	516450	759	1032	24	0,001470	1,3597	0,0233
Севастополь	509902	Нет достоверных данных					
Балашиха	507307	139	161	4	0,000274	1,1583	0,0248
Липецк	503213	436	552	32	0,000866	1,2661	0,0580
Чебоксары	495810	449	550	16	0,000906	1,2249	0,0291
Калининград	493256	481	556	19	0,000975	1,1559	0,0342
Тула	467955	711	942	42	0,001519	1,3249	0,0446
Ставрополь	454488	529	706	22	0,001164	1,3346	0,0312
Курск	450977	509	665	22	0,001129	1,3065	0,0331
Улан-Удэ	437514	383	468	23	0,000875	1,2219	0,0491
Сочи	432322	590	826	52	0,001365	1,4000	0,0630

Продолжение таблицы П. 4.1

Города Российской Федерации (2021)	*Население, тыс. чел.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_{RA}	K_V	K_D
Тверь	424969	518	654	25	0,001219	1,2625	0,0382
Магнитогорск	413251	299	383	13	0,000724	1,2809	0,0339
Иваново	401505	455	559	6	0,001133	1,2286	0,0107
Брянск	399579	239	303	9	0,000598	1,2678	0,0297
Белгород	391702	220	301	8	0,000562	1,3682	0,0266
Сургут	387235	261	352	6	0,000674	1,3487	0,0170
Владимир	352347	456	621	29	0,001294	1,3618	0,0467
Чита	350861	322	404	25	0,000918	1,2547	0,0619
Архангельск	344927	232	287	7	0,000673	1,2371	0,0244
Нижний Тагил	344656	202	314	30	0,000586	1,5545	0,0955
Симферополь	336212	299	398	16	0,000889	1,3311	0,0402
Калуга	331842	385	508	27	0,001160	1,3195	0,0531
Якутск	330615	369	467	14	0,001116	1,2656	0,0300
Грозный	324602	73	120	18	0,000225	1,6438	0,1500
Волжский	323853	326	417	15	0,001007	1,2791	0,0360
Смоленск	320170	299	406	7	0,000934	1,3579	0,0172
Саранск	317432	250	351	18	0,000788	1,4040	0,0513
Череповец	312091	292	345	8	0,000936	1,1815	0,0232
Курган	309285	378	493	22	0,001222	1,3042	0,0446
Подольск	308930	Нет достоверных данных					
Вологда	308530	338	412	2	0,001096	1,2189	0,0049
Орёл	303696	260	340	11	0,000856	1,3077	0,0324
Владикавказ	301543	309	472	25	0,001025	1,5275	0,0530
Тамбов	289701	395	507	6	0,001363	1,2835	0,0118
Мурманск	282851	330	406	9	0,001167	1,2303	0,0222
Петрозаводск	280711	168	206	9	0,000598	1,2262	0,0437
Нижневартовск	278725	246	364	10	0,000883	1,4797	0,0275

Окончание таблицы П. 4.1

Города Российской Федерации (2021)	*Население, тыс. чел.*	*Кол-во ДТП, ед./год*	*Пострадавшие в ДТП, чел./год*	*Погибшие в ДТП, чел./год*	K_{RA}	K_V	K_D
Кострома	277393	337	416	8	0,001215	1,2344	0,0192
Йошкар-Ола	276248	Нет достоверных данных					
Новороссийск	275795	390	484	22	0,001414	1,2410	0,0455
Стерлитамак	274134	161	209	5	0,000587	1,2981	0,0239
Химки	257757	71	86	11	0,000275	1,2113	0,1279

Таблица П. 4.2 – Результаты расчета (2021 г.) позитива Q_i звеньев информационной передачи в причинно-следственной цепочке (H – 3.2) формирования БДД и их относительного веса

Города Российской Федерации (2021)	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$	ΣQ_i	*Доля / Вес* $Q(K_{RA})$	*Доля / Вес* $Q(K_V)$	*Доля / Вес* $Q(K_D)$
Москва	7,304	0,161	3,331	10,796	0,677	0,015	0,309
Санкт-Петербург	6,981	0,161	3,396	10,537	0,662	0,015	0,322
Новосибирск	7,410	0,181	2,650	10,242	0,724	0,018	0,259
Екатеринбург	7,158	0,262	3,132	10,552	0,678	0,025	0,297
Казань	6,712	0,165	3,860	10,737	0,625	0,015	0,360
Нижний Новгород	6,506	0,219	3,740	10,465	0,622	0,021	0,357
Челябинск	6,791	0,238	3,696	10,725	0,633	0,022	0,345
Самара	6,908	0,215	3,474	10,597	0,652	0,020	0,328
Омск	6,602	0,264	3,565	10,430	0,633	0,025	0,342
Ростов-на-Дону	7,544	0,185	3,029	10,758	0,701	0,017	0,282
Уфа	6,544	0,224	3,829	10,597	0,618	0,021	0,361
Красноярск	6,940	0,156	3,482	10,579	0,656	0,015	0,329
Воронеж	6,706	0,240	3,448	10,394	0,645	0,023	0,332
Пермь	7,273	0,187	3,312	10,772	0,675	0,017	0,307
Волгоград	6,957	0,300	3,378	10,635	0,654	0,028	0,318
Краснодар	6,918	0,261	2,947	10,126	0,683	0,026	0,291
Саратов	6,624	0,309	3,626	10,559	0,627	0,029	0,343
Тюмень	6,332	0,334	3,682	10,349	0,613	0,032	0,355
Тольятти	6,998	0,237	3,596	10,831	0,646	0,022	0,332
Ижевск	7,080	0,181	3,436	10,697	0,662	0,017	0,321
Барнаул	6,634	0,250	3,538	10,422	0,637	0,024	0,339
Ульяновск	6,894	0,272	3,546	10,712	0,644	0,025	0,331
Иркутск	6,575	0,190	4,003	10,768	0,611	0,018	0,372
Хабаровск	6,849	0,238	3,100	10,187	0,672	0,023	0,304
Махачкала	7,304	0,161	3,331	10,796	0,677	0,015	0,309
Ярославль	6,981	0,161	3,396	10,537	0,662	0,015	0,322

Продолжение таблицы П. 4.2

Города Российской Федерации (2021)	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$	ΣQ_i	*Доля / Вес* $Q(K_{RA})$	*Доля / Вес* $Q(K_V)$	*Доля / Вес* $Q(K_D)$
Владивосток	7,410	0,181	2,650	10,242	0,724	0,018	0,259
Оренбург	7,080	0,239	3,372	10,691	0,662	0,022	0,315
Томск	7,826	0,151	2,743	10,720	0,730	0,014	0,256
Кемерово	6,880	0,304	3,756	10,940	0,629	0,028	0,343
Новокузнецк	7,262	0,314	3,169	10,745	0,676	0,029	0,295
Рязань	6,597	0,291	3,749	10,637	0,620	0,027	0,352
Набережные Челны	7,015	0,185	3,789	10,989	0,638	0,017	0,345
Астрахань	6,616	0,247	3,623	10,487	0,631	0,024	0,346
Киров	6,528	0,242	4,045	10,815	0,604	0,022	0,374
Пенза	6,523	0,307	3,761	10,591	0,616	0,029	0,355
Севастополь	Расчет не выполнялся						
Балашиха	8,202	0,147	3,695	12,044	0,681	0,012	0,307
Липецк	7,051	0,236	2,848	10,135	0,696	0,023	0,281
Чебоксары	7,007	0,203	3,537	10,747	0,652	0,019	0,329
Калининград	6,933	0,145	3,376	10,454	0,663	0,014	0,323
Тула	6,489	0,281	3,110	9,881	0,657	0,028	0,315
Ставрополь	6,756	0,289	3,469	10,513	0,643	0,027	0,330
Курск	6,787	0,267	3,409	10,463	0,649	0,026	0,326
Улан-Удэ	7,041	0,200	3,013	10,254	0,687	0,020	0,294
Сочи	6,597	0,336	2,765	9,699	0,680	0,035	0,285
Тверь	6,710	0,233	3,264	10,207	0,657	0,023	0,320
Магнитогорск	7,231	0,248	3,383	10,862	0,666	0,023	0,311
Иваново	6,783	0,206	4,534	11,523	0,589	0,018	0,394
Брянск	7,422	0,237	3,517	11,175	0,664	0,021	0,315
Белгород	7,485	0,313	3,628	11,426	0,655	0,027	0,317
Сургут	7,302	0,299	4,072	11,673	0,626	0,026	0,349
Владимир	6,650	0,309	3,064	10,023	0,663	0,031	0,306

Окончание таблицы П. 4.2

Города Российской Федерации (2021)	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$	ΣQ_i	*Доля / Вес* $Q(K_{RA})$	*Доля / Вес* $Q(K_V)$	*Доля / Вес* $Q(K_D)$
Чита	6,994	0,227	2,783	10,003	0,699	0,023	0,278
Архангельск	7,304	0,213	3,714	11,231	0,650	0,019	0,331
Нижний Тагил	7,442	0,441	2,348	10,231	0,727	0,043	0,230
Симферополь	7,025	0,286	3,214	10,525	0,667	0,027	0,305
Калуга	6,759	0,277	2,935	9,971	0,678	0,028	0,294
Якутск	6,798	0,236	3,507	10,541	0,645	0,022	0,333
Грозный	8,400	0,497	1,897	10,794	0,778	0,046	0,176
Волжский	6,901	0,246	3,325	10,472	0,659	0,024	0,318
Смоленск	6,976	0,306	4,060	11,343	0,615	0,027	0,358
Саранск	7,147	0,339	2,970	10,456	0,683	0,032	0,284
Череповец	6,974	0,167	3,764	10,905	0,640	0,015	0,345
Курган	6,707	0,266	3,109	10,082	0,665	0,026	0,308
Подольск	Расчет не выполнялся						
Вологда	6,817	0,198	5,328	12,342	0,552	0,016	0,432
Орёл	7,063	0,268	3,431	10,762	0,656	0,025	0,319
Владикавказ	6,883	0,424	2,938	10,245	0,672	0,041	0,287
Тамбов	6,598	0,250	4,437	11,284	0,585	0,022	0,393
Мурманск	6,754	0,207	3,809	10,770	0,627	0,019	0,354
Петрозаводск	7,421	0,204	3,131	10,756	0,690	0,019	0,291
Нижневартовск	7,033	0,392	3,595	11,019	0,638	0,036	0,326
Кострома	6,713	0,211	3,951	10,875	0,617	0,019	0,363
Йошкар-Ола	Расчет не выполнялся						
Новороссийск	6,561	0,216	3,091	9,868	0,665	0,022	0,313
Стерлитамак	7,440	0,261	3,733	11,434	0,651	0,023	0,326
Химки	8,197	0,192	2,056	10,445	0,785	0,018	0,197

Таблица П. 4.3 – Результаты расчета (2021 г.) значений энтропии H и Относительной энтропии H_n трехзвенного *(H-3)* процесса формирования региональной дорожно-транспортной аварийности в регионах Российской Федерации

Города Российской Федерации (2021)	$ln\ (\omega_{RA})$	$ln\ (\omega_V)$	$ln\ (\omega_D)$	$(\omega_{RA}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{RA})$	$(\omega_V) \cdot \cdot ln\ (\omega_V)$	$(\omega_D) \cdot \cdot ln\ (\omega_D)$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$	$H_{n\ БДД\text{-}3.2}$
Москва	-0,39076	-4,2028	-1,17601	-0,26437	-0,06285	-0,36281	0,690	0,628
Санкт-Петербург	-0,41176	-4,18385	-1,13235	-0,27278	-0,06376	-0,36493	0,701	0,639
Новосибирск	-0,32362	-4,03316	-1,35187	-0,23415	-0,07146	-0,3498	0,655	0,597
Екатеринбург	-0,38812	-3,69488	-1,21462	-0,26328	-0,09182	-0,36053	0,716	0,651
Казань	-0,46986	-4,17317	-1,02302	-0,2937	-0,06428	-0,36778	0,726	0,661
Нижний Новгород	-0,47539	-3,86551	-1,02888	-0,29552	-0,08099	-0,36773	0,744	0,677
Челябинск	-0,45695	-3,80917	-1,06530	-0,28935	-0,08444	-0,36713	0,741	0,674
Самара	-0,4279	-3,8957	-1,11537	-0,27894	-0,0792	-0,36561	0,724	0,659
Омск	-0,4574	-3,67725	-1,07359	-0,2895	-0,09301	-0,36693	0,749	0,682
Ростов-на-Дону	-0,35491	-4,06554	-1,26724	-0,24888	-0,06974	-0,35686	0,675	0,615
Уфа	-0,48196	-3,85718	-1,01805	-0,29764	-0,08149	-0,36782	0,747	0,680
Красноярск	-0,4215	-4,2139	-1,11123	-0,27653	-0,06232	-0,36577	0,705	0,641
Воронеж	-0,43822	-3,76717	-1,10353	-0,28273	-0,08709	-0,36604	0,736	0,670
Пермь	-0,39280	-4,05178	-1,17945	-0,26521	-0,07047	-0,36262	0,698	0,636
Волгоград	-0,42440	-3,56929	-1,14677	-0,27763	-0,10057	-0,36428	0,742	0,676
Краснодар	-0,38096	-3,65846	-1,23436	-0,26027	-0,09429	-0,35922	0,714	0,650
Саратов	-0,46638	-3,53004	-1,06879	-0,29254	-0,10344	-0,36705	0,763	0,695
Тюмень	-0,49116	-3,43461	-1,03326	-0,30055	-0,11072	-0,36768	0,778	0,709
Тольятти	-0,43674	-3,82365	-1,10258	-0,28219	-0,08354	-0,36607	0,732	0,666
Ижевск	-0,41264	-4,07869	-1,13579	-0,27313	-0,06905	-0,36478	0,707	0,643
Барнаул	-0,45171	-3,72922	-1,08042	-0,28753	-0,08954	-0,36675	0,744	0,677
Ульяновск	-0,44066	-3,67409	-1,10558	-0,28361	-0,09322	-0,36597	0,743	0,676
Иркутск	-0,49333	-4,03817	-0,98945	-0,30122	-0,07119	-0,36786	0,740	0,674
Хабаровск	-0,39697	-3,75587	-1,18985	-0,2669	-0,08781	-0,36203	0,717	0,652
Махачкала	-0,33882	-3,38346	-1,37254	-0,24145	-0,1148	-0,34789	0,704	0,641
Ярославль	-0,45103	-3,90569	-1,07032	-0,28729	-0,07861	-0,36701	0,733	0,667

Продолжение таблицы П. 4.3

Города Российской Федерации (2021)	$ln\ (\omega_{RA})$	$ln\ (\omega_{V})$	$ln\ (\omega_{D})$	$(\omega_{RA}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{RA})$	$(\omega_{V}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{V})$	$(\omega_{D}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{D})$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$	$H_{n\ БДД\text{-}3.2}$
Владивосток	-0,41275	-3,90928	-1,14533	-0,27317	-0,0784	-0,36435	0,716	0,652
Оренбург	-0,41211	-3,80162	-1,15387	-0,27292	-0,08491	-0,36395	0,722	0,657
Томск	-0,31464	-4,26255	-1,36311	-0,2297	-0,06004	-0,34877	0,639	0,581
Кемерово	-0,46382	-3,58231	-1,06911	-0,29169	-0,09963	-0,36704	0,758	0,690
Новокузнецк	-0,39174	-3,53230	-1,22118	-0,26477	-0,10328	-0,3601	0,728	0,663
Рязань	-0,47779	-3,59726	-1,04286	-0,2963	-0,09856	-0,36755	0,762	0,694
Набережные Челны	-0,44886	-4,08561	-1,06469	-0,28653	-0,06869	-0,36714	0,722	0,658
Астрахань	-0,4606	-3,74705	-1,06273	-0,2906	-0,08838	-0,36719	0,746	0,679
Киров	-0,5049	-3,79820	-0,98345	-0,30474	-0,08512	-0,36783	0,758	0,690
Пенза	-0,48473	-3,54011	-1,03528	-0,29853	-0,1027	-0,36766	0,769	0,700
Севастополь	Расчет не выполнялся							
Балашиха	-0,38418	-4,40640	-1,18159	-0,26163	-0,05375	-0,3625	0,678	0,617
Липецк	-0,36279	-3,76030	-1,26943	-0,25241	-0,08753	-0,3567	0,697	0,634
Чебоксары	-0,42774	-3,96971	-1,11127	-0,27888	-0,07494	-0,36576	0,720	0,655
Калининград	-0,41072	-4,27870	-1,13021	-0,27238	-0,05931	-0,36502	0,697	0,634
Тула	-0,42045	-3,55884	-1,15590	-0,27613	-0,10133	-0,36385	0,741	0,675
Ставрополь	-0,4422	-3,59525	-1,10888	-0,28417	-0,0987	-0,36585	0,749	0,682
Курск	-0,43286	-3,66706	-1,12148	-0,28077	-0,0937	-0,36538	0,740	0,673
Улан-Удэ	-0,37597	-3,93496	-1,22476	-0,25815	-0,07691	-0,35987	0,695	0,633
Сочи	-0,3854	-3,36122	-1,25482	-0,26214	-0,11661	-0,35778	0,737	0,670
Тверь	-0,41952	-3,77924	-1,14007	-0,27578	-0,08632	-0,36459	0,727	0,661
Магнитогорск	-0,40685	-3,78125	-1,16649	-0,27086	-0,08619	-0,36331	0,720	0,656
Иваново	-0,52997	-4,02494	-0,93265	-0,31195	-0,0719	-0,36701	0,751	0,683
Брянск	-0,40931	-3,85228	-1,15625	-0,27183	-0,08179	-0,36383	0,717	0,653
Белгород	-0,42302	-3,59588	-1,14728	-0,27711	-0,09866	-0,36426	0,740	0,674
Сургут	-0,46912	-3,66424	-1,0532	-0,29346	-0,09389	-0,36738	0,755	0,687
Владимир	-0,41026	-3,4798	-1,18512	-0,2722	-0,10723	-0,3623	0,742	0,675

Окончание таблицы П. 4.3

Города Российской Федерации (2021)	$ln\ (\omega_{RA})$	$ln\ (\omega_{V})$	$ln\ (\omega_{D})$	$(\omega_{RA}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{RA})$	$(\omega_{V}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{V})$	$(\omega_{D}) \cdot \cdot ln\ (\omega_{D})$	$H = -\sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \ln w_i$	$H_{n\ БДД\text{-}3.2}$
Чита	-0,35789	-3,78629	-1,27952	-0,25022	-0,08587	-0,35593	0,692	0,630
Архангельск	-0,43018	-3,96631	-1,10665	-0,27978	-0,07513	-0,36593	0,721	0,656
Нижний Тагил	-0,31831	-3,14388	-1,47181	-0,23153	-0,13555	-0,33779	0,705	0,642
Симферополь	-0,40426	-3,60548	-1,18627	-0,26983	-0,09798	-0,36224	0,730	0,665
Калуга	-0,38879	-3,58256	-1,2231	-0,26355	-0,09961	-0,35998	0,723	0,658
Якутск	-0,43863	-3,80115	-1,10041	-0,28288	-0,08494	-0,36614	0,734	0,668
Грозный	-0,25078	-3,0781	-1,73866	-0,19515	-0,14174	-0,30558	0,642	0,585
Волжский	-0,41705	-3,7504	-1,14726	-0,27483	-0,08817	-0,36426	0,727	0,662
Смоленск	-0,48606	-3,61302	-1,02727	-0,29895	-0,09744	-0,36775	0,764	0,696
Саранск	-0,38057	-3,428	-1,2585	-0,26011	-0,11124	-0,35751	0,729	0,663
Череповец	-0,44701	-4,18025	-1,06373	-0,28588	-0,06394	-0,36716	0,717	0,653
Курган	-0,4076	-3,63648	-1,17632	-0,27115	-0,0958	-0,36279	0,730	0,664
Подольск	Расчет не выполнялся							
Вологда	-0,59369	-4,13264	-0,84009	-0,32789	-0,06629	-0,36264	0,757	0,689
Орёл	-0,42118	-3,69184	-1,14319	-0,27641	-0,09202	-0,36445	0,733	0,667
Владикавказ	-0,39769	-3,18567	-1,24903	-0,2672	-0,13173	-0,3582	0,757	0,689
Тамбов	-0,53667	-3,81119	-0,93347	-0,31379	-0,08431	-0,36703	0,765	0,696
Мурманск	-0,46669	-3,95054	-1,03936	-0,29265	-0,07603	-0,3676	0,736	0,670
Петрозаводск	-0,3711	-3,9655	-1,23419	-0,25605	-0,07518	-0,35924	0,690	0,628
Нижневартовск	-0,44906	-3,33657	-1,1202	-0,2866	-0,11864	-0,36543	0,771	0,701
Кострома	-0,4824	-3,94425	-1,01243	-0,29779	-0,07638	-0,36785	0,742	0,675
Йошкар-Ола	Расчет не выполнялся							
Новороссийск	-0,40814	-3,82209	-1,16081	-0,27137	-0,08364	-0,3636	0,719	0,654
Стерлитамак	-0,42971	-3,78008	-1,11939	-0,27961	-0,08626	-0,36546	0,731	0,666
Химки	-0,24236	-3,99814	-1,62516	-0,1902	-0,07336	-0,31996	0,584	0,531

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 – Динамика (2004…2025 гг.) значений Относительной энтропии $H_{п\ БДД\text{-}4}$ четырехзвенного *(Н-4)* процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в ФО и субъектах Российской Федерации

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Белгородская область	0,769	0,773	0,778	0,774	0,763	0,754	0,748	0,739	0,719	0,711	0,684
Брянская область	0,824	0,829	0,830	0,824	0,813	0,806	0,799	0,797	0,794	0,789	0,766
Владимирская область	0,814	0,815	0,818	0,820	0,803	0,799	0,800	0,795	0,788	0,782	0,776
Воронежская область	0,755	0,765	0,768	0,778	0,759	0,752	0,746	0,744	0,731	0,725	0,709
Ивановская область	0,805	0,809	0,809	0,808	0,796	0,798	0,791	0,783	0,784	0,774	0,756
Калужская область	0,811	0,809	0,805	0,802	0,788	0,782	0,776	0,772	0,776	0,772	0,759
Костромская область	0,775	0,797	0,807	0,798	0,785	0,779	0,771	0,764	0,750	0,736	0,733
Курская область	0,784	0,796	0,800	0,800	0,789	0,782	0,779	0,773	0,746	0,751	0,743
Липецкая область	0,803	0,802	0,803	0,799	0,786	0,781	0,771	0,769	0,764	0,752	0,725
г. Москва	0,718	0,750	0,747	0,738	0,727	0,719	0,717	0,716	0,717	0,706	0,699
Московская область	0,856	0,789	0,778	0,771	0,752	0,742	0,740	0,732	0,721	0,714	0,710
Орловская область	0,797	0,790	0,784	0,799	0,795	0,787	0,792	0,783	0,763	0,752	0,737
Рязанская область	0,788	0,790	0,792	0,781	0,774	0,756	0,764	0,764	0,760	0,745	0,734
Смоленская область	0,782	0,790	0,762	0,773	0,748	0,744	0,739	0,730	0,749	0,731	0,731
Тамбовская область	0,789	0,790	0,795	0,804	0,803	0,791	0,789	0,782	0,779	0,779	0,762
Тверская область	0,758	0,779	0,788	0,789	0,777	0,775	0,763	0,746	0,725	0,709	0,698
Тульская область	0,790	0,796	0,779	0,787	0,772	0,759	0,753	0,753	0,740	0,730	0,721
Ярославская область	0,787	0,787	0,786	0,787	0,774	0,769	0,771	0,770	0,776	0,764	0,758
Регионы ЦФО в совокупности	0,790	0,782	0,779	0,777	0,763	0,758	0,752	0,747	0,742	0,734	0,724
Республика Карелия	0,775	0,770	0,770	0,752	0,741	0,732	0,725	0,728	0,726	0,712	0,697
Республика Коми	0,786	0,784	0,786	0,778	0,770	0,763	0,767	0,777	0,774	0,767	0,755
Архангельская область	0,814	0,818	0,815	0,807	0,797	0,786	0,790	0,784	0,776	0,767	0,757
Вологодская область	0,784	0,803	0,797	0,786	0,768	0,756	0,756	0,758	0,747	0,745	0,733
Калининградская область	0,748	0,741	0,741	0,727	0,717	0,717	0,720	0,723	0,702	0,692	0,680
Ленинградская область	0,781	0,786	0,783	0,779	0,769	0,757	0,763	0,754	0,755	0,758	0,756
г. Санкт-Петербург	0,761	0,763	0,762	0,755	0,744	0,737	0,734	0,734	0,736	0,733	0,731

Продолжение таблицы П. 5

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Белгородская область	0,679	0,679	0,689	0,688	0,691	0,687	0,689	0,688	0,687	0,695	0,675
Брянская область	0,757	0,752	0,746	0,742	0,745	0,734	0,722	0,715	0,721	0,691	0,651
Владимирская область	0,757	0,750	0,748	0,742	0,739	0,738	0,738	0,733	0,738	0,731	0,729
Воронежская область	0,704	0,706	0,701	0,699	0,696	0,699	0,701	0,696	0,693	0,682	0,694
Ивановская область	0,736	0,740	0,720	0,721	0,706	0,705	0,691	0,677	0,680	0,674	0,708
Калужская область	0,741	0,739	0,721	0,728	0,722	0,713	0,724	0,718	0,735	0,716	0,699
Костромская область	0,715	0,720	0,720	0,720	0,718	0,732	0,722	0,718	0,716	0,700	0,718
Курская область	0,732	0,728	0,716	0,715	0,722	0,721	0,713	0,706	0,697	0,711	0,668
Липецкая область	0,713	0,709	0,702	0,697	0,696	0,689	0,673	0,672	0,676	0,658	0,692
г. Москва	0,696	0,685	0,685	0,694	0,696	0,697	0,691	0,694	0,686	0,677	0,674
Московская область	0,696	0,681	0,679	0,675	0,664	0,662	0,657	0,659	0,657	0,652	0,627
Орловская область	0,719	0,708	0,689	0,693	0,691	0,695	0,695	0,683	0,690	0,687	0,665
Рязанская область	0,729	0,738	0,718	0,704	0,705	0,703	0,701	0,695	0,703	0,690	0,685
Смоленская область	0,734	0,728	0,721	0,734	0,725	0,723	0,725	0,719	0,721	0,717	0,653
Тамбовская область	0,744	0,720	0,721	0,719	0,738	0,701	0,695	0,690	0,692	0,670	0,664
Тверская область	0,678	0,684	0,676	0,680	0,641	0,681	0,676	0,672	0,672	0,656	0,678
Тульская область	0,712	0,701	0,696	0,696	0,687	0,677	0,678	0,685	0,677	0,669	0,694
Ярославская область	0,745	0,754	0,740	0,747	0,749	0,732	0,725	0,718	0,711	0,708	0,706
Регионы ЦФО в совокупности	0,713	0,707	0,702	0704	0,705	0,699	0,690	0,694	0,693	0,687	0,679
Республика Карелия	0,660	0,654	0,642	0,668	0,659	0,660	0,660	0,657	0,646	0,669	0,685
Республика Коми	0,734	0,733	0,729	0,726	0,730	0,729	0,722	0,713	0,720	0,701	0,676
Архангельская область	0,740	0,737	0,726	0,729	0,721	0,722	0,701	0,691	0,688	0,705	0,729
Вологодская область	0,733	0,720	0,704	0,704	0,701	0,707	0,708	0,705	0,704	0,703	0,694
Калининградская область	0,659	0,670	0,673	0,675	0,676	0,673	0,668	0,657	0,660	0,644	0,634
Ленинградская область	0,734	0,714	0,711	0,715	0,715	0,718	0,705	0,704	0,703	0,692	0,679
г. Санкт-Петербург	0,714	0,709	0,708	0,707	0,706	0,701	0,693	0,694	0,691	0,686	0,675

Продолжение таблицы П. 5

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Мурманская область	0,804	0,809	0,802	0,801	0,795	0,790	0,794	0,772	0,759	0,756	0,744
Новгородская область	0,781	0,789	0,794	0,809	0,801	0,781	0,786	0,774	0,768	0,758	0,739
Псковская область	0,801	0,804	0,799	0,791	0,782	0,770	0,777	0,782	0,777	0,769	0,716
Ненецкий автономный округ	0,761	0,729	0,780	0,739	0,727	0,718	0,718	0,682	0,691	0,763	0,729
Регионы СЗФО в совокупности	0,779	0,783	0,781	0,774	0,763	0,760	0,756	0,753	0,750	0,745	0,735
Республика Адыгея	0,788	0,781	0,776	0,770	0,764	0,757	0,749	0,746	0,737	0,731	0,713
Республика Калмыкия	0,760	0,774	0,784	0,788	0,774	0,769	0,759	0,793	0,816	0,766	0,780
Республика Крым	В составе РФ с марта 2014										
Краснодарский край	0,753	0,753	0,755	0,751	0,745	0,738	0,736	0,732	0,726	0,717	0,706
Астраханская область	0,757	0,751	0,746	0,729	0,728	0,729	0,743	0,751	0,753	0,748	0,758
Волгоградская область	0,775	0,773	0,773	0,774	0,761	0,752	0,752	0,752	0,749	0,745	0,710
Ростовская область	0,761	0,772	0,774	0,780	0,775	0,767	0,765	0,762	0,754	0,748	0,728
г. Севастополь	В составе РФ с марта 2014										
Регионы ЮФО в совокупности	0,762	0,764	0,765	0,765	0,758	0,754	0,750	0,749	0,745	0,740	0,722
Республика Дагестан	0,805	0,814	0,810	0,818	0,812	0,818	0,789	0,788	0,772	0,765	0,742
Республика Ингушетия	0,817	0,810	0,831	0,819	0,835	0,817	0,829	0,796	0,813	0,818	0,792
Кабардино-Балкарская Респуб.	0,808	0,800	0,799	0,803	0,784	0,776	0,771	0,772	0,764	0,751	0,743
Карачаево-Черкесская Респуб.	0,819	0,836	0,821	0,823	0,822	0,805	0,807	0,809	0,806	0,797	0,780
Респуб. Сев. Осетия - Алания	0,772	0,768	0,761	0,763	0,769	0,765	0,760	0,760	0,768	0,763	0,750
Чеченская Республика	0,849	0,840	0,833	0,822	0,787	0,795	0,778	0,793	0,788	0,788	0,784
Ставропольский край	0,761	0,768	0,764	0,764	0,761	0,753	0,750	0,741	0,747	0,735	0,725
Регионы СКФО в совокупности	0,796	0,800	0,795	0,797	0,791	0,783	0,777	0,773	0,772	0,764	0,751
Республика Башкортостан	0,756	0,775	0,767	0,763	0,754	0,750	0,753	0,750	0,743	0,735	0,726
Республика Марий Эл	0,772	0,798	0,798	0,804	0,800	0,799	0,790	0,785	0,786	0,781	0,777
Республика Мордовия	0,796	0,804	0,811	0,798	0,782	0,778	0,777	0,769	0,762	0,754	0,751
Республика Татарстан	0,808	0,811	0,819	0,809	0,799	0,785	0,786	0,783	0,778	0,771	0,761

Продолжение таблицы П. 5

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Мурманская область	0,724	0,731	0,731	0,735	0,725	0,725	0,716	0,693	0,703	0,711	0,716
Новгородская область	0,736	0,727	0,722	0,716	0,712	0,717	0,704	0,691	0,682	0,681	0,678
Псковская область	0,683	0,682	0,674	0,684	0,673	0,655	0,655	0,657	0,670	0,662	0,654
Ненецкий автономный округ	0,692	0,665	0,706	0,659	0,696	0,629	0,651	0,682	0,669	0,670	0,694
Регионы СЗФО в совокупности	0,718	0,711	0,707	0,709	0,706	0,704	0,696	0,694	0,693	0,687	0,682
Республика Адыгея	0,699	0,687	0,675	0,660	0,648	0,653	0,633	0,653	0,657	0,661	0,678
Республика Калмыкия	0,747	0,734	0,743	0,729	0,726	0,729	0,727	0,733	0,734	0,719	0,754
Республика Крым	0,809	0,803	0,787	0,774	0,763	0,756	0,748	0,744	0,728	0,708	0,703
Краснодарский край	0,692	0,691	0,691	0,704	0,716	0,716	0,712	0,710	0,710	0,707	0,667
Астраханская область	0,752	0,735	0,738	0,742	0,741	0,738	0,723	0,719	0,718	0,713	0,694
Волгоградская область	0,681	0,676	0,660	0,666	0,671	0,673	0,676	0,674	0,676	0,676	0,703
Ростовская область	0,713	0,703	0,701	0,688	0,678	0,665	0,656	0,665	0,670	0,667	0,667
г. Севастополь	0,801	0,786	0,764	0,733	0,737	0,743	0,749	0,744	0,744	0,724	0,752
Регионы ЮФО в совокупности	0,717	0,710	0,705	0,704	0,707	0,706	0,700	0,698	0,699	0,684	0,678
Республика Дагестан	0,746	0,759	0,769	0,762	0,742	0,735	0,733	0,737	0,749	0,739	0,725
Республика Ингушетия	0,772	0,762	0,779	0,777	0,761	0,778	0,760	0,766	0,769	0,757	0,783
Кабардино-Балкарская Респуб.	0,711	0,721	0,705	0,695	0,698	0,705	0,685	0,694	0,718	0,687	0,690
Карачаево-Черкесская Респуб.	0,772	0,773	0,790	0,786	0,787	0,773	0,740	0,760	0,746	0,721	0,722
Респуб. Сев. Осетия - Алания	0,746	0,746	0,727	0,734	0,734	0,726	0,729	0,725	0,744	0,732	0,736
Чеченская Республика	0,750	0,741	0,723	0,707	0,699	0,684	0,691	0,684	0,675	0,669	0,676
Ставропольский край	0,720	0,724	0,724	0,721	0,738	0,734	0,731	0,732	0,729	0,725	0,704
Регионы СКФО в совокупности	0,741	0,746	0,747	0,743	0,741	0,736	0,730	0,734	0,738	0,725	0,721
Республика Башкортостан	0,710	0,714	0,708	0,700	0,697	0,691	0,683	0,676	0,667	0,640	0,672
Республика Марий Эл	0,758	0,750	0,744	0,738	0,745	0,740	0,735	0,734	0,740	0,737	0,742
Республика Мордовия	0,724	0,751	0,738	0,736	0,723	0,715	0,698	0,701	0,673	0,700	0,689
Республика Татарстан	0,739	0,738	0,722	0,714	0,724	0,724	0,722	0,720	0,713	0,701	0,658

Продолжение таблицы П. 5

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Удмуртская Республика	0,739	0,750	0,748	0,746	0,744	0,753	0,741	0,737	0,733	0,731	0,691
Чувашская Респуб. - Чувашия	0,806	0,805	0,810	0,808	0,799	0,800	0,808	0,812	0,809	0,801	0,783
Пермский край	0,785	0,765	0,765	0,764	0,763	0,761	0,762	0,763	0,755	0,770	0,753
Кировская область	0,773	0,793	0,791	0,785	0,777	0,771	0,776	0,769	0,755	0,754	0,741
Нижегородская область	0,773	0,774	0,783	0,786	0,775	0,768	0,771	0,762	0,753	0,750	0,745
Оренбургская область	0,774	0,787	0,792	0,781	0,784	0,769	0,764	0,754	0,745	0,754	0,724
Пензенская область	0,768	0,773	0,786	0,778	0,774	0,768	0,762	0,770	0,773	0,766	0,759
Самарская область	0,742	0,752	0,766	0,773	0,760	0,754	0,756	0,757	0,758	0,753	0,741
Саратовская область	0,751	0,755	0,755	0,753	0,743	0,735	0,731	0,717	0,709	0,710	0,713
Ульяновская область	0,783	0,778	0,783	0,775	0,760	0,758	0,751	0,768	0,786	0,773	0,760
Регионы ПФО в совокупности	0,773	0,779	0,783	0,780	0,772	0,768	0,765	0,762	0,757	0,755	0,743
Курганская область	0,771	0,783	0,776	0,778	0,768	0,761	0,763	0,761	0,757	0,741	0,719
Свердловская область	0,800	0,803	0,803	0,789	0,774	0,763	0,756	0,745	0,741	0,724	0,704
Тюменская область	0,794	0,798	0,789	0,795	0,780	0,762	0,762	0,760	0,767	0,755	0,755
Челябинская область	0,778	0,784	0,782	0,779	0,772	0,762	0,762	0,752	0,747	0,742	0,732
Ханты-Мансийский АО	0,776	0,772	0,764	0,755	0,746	0,740	0,742	0,742	0,735	0,731	0,716
Ямало-Ненецкий АО	0,750	0,772	0,766	0,757	0,754	0,740	0,748	0,748	0,750	0,743	0,719
Регионы УрФО в совокупности	0,789	0,793	0,790	0,783	0,771	0,764	0,758	0,751	0,749	0,738	0,724
Республика Алтай	0,796	0,785	0,757	0,780	0,750	0,744	0,751	0,765	0,777	0,773	0,759
Республика Тыва	0,815	0,837	0,835	0,835	0,845	0,838	0,835	0,828	0,816	0,828	0,812
Республика Хакасия	0,780	0,784	0,788	0,794	0,792	0,789	0,789	0,792	0,781	0,767	0,738
Алтайский край	0,790	0,791	0,793	0,787	0,782	0,763	0,753	0,753	0,755	0,754	0,747
Красноярский край	0,781	0,784	0,785	0,781	0,763	0,765	0,763	0,749	0,747	0,743	0,728
Иркутская область	0,784	0,784	0,796	0,797	0,782	0,776	0,769	0,762	0,756	0,741	0,730
Кемеровская обл. - Кузбасс	0,795	0,794	0,792	0,786	0,777	0,773	0,770	0,768	0,764	0,765	0,755
Новосибирская область	0,756	0,755	0,754	0,752	0,740	0,730	0,727	0,727	0,714	0,714	0,687
Омская область	0,782	0,790	0,791	0,793	0,780	0,772	0,767	0,775	0,773	0,763	0,748

Продолжение таблицы П. 5

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Удмуртская Республика	0,683	0,720	0,716	0,718	0,726	0,730	0,703	0,703	0,704	0,706	0,672
Чувашская Респуб. - Чувашия	0,778	0,766	0,762	0,758	0,756	0,767	0,745	0,738	0,736	0,720	0,702
Пермский край	0,723	0,716	0,705	0,699	0,694	0,687	0,675	0,669	0,664	0,668	0,724
Кировская область	0,733	0,723	0,720	0,727	0,719	0,735	0,735	0,717	0,716	0,712	0,699
Нижегородская область	0,738	0,732	0,730	0,724	0,719	0,702	0,695	0,689	0,688	0,676	0,720
Оренбургская область	0,691	0,693	0,678	0,678	0,675	0,669	0,658	0,638	0,632	0,625	0,636
Пензенская область	0,744	0,745	0,741	0,734	0,738	0,734	0,734	0,729	0,736	0,727	0,725
Самарская область	0,728	0,727	0,725	0,724	0,720	0,716	0,706	0,708	0,713	0,701	0,711
Саратовская область	0,717	0,717	0,720	0,720	0,720	0,719	0,717	0,721	0,718	0,710	0,694
Ульяновская область	0,740	0,743	0,731	0,725	0,722	0,719	0,716	0,716	0,714	0,713	0,690
Регионы ПФО в совокупности	0,727	0,727	0,721	0,717	0,716	0,712	0,705	0,702	0,698	0,695	0,693
Курганская область	0,701	0,699	0,705	0,693	0,690	0,686	0,678	0,659	0,659	0,656	0,674
Свердловская область	0,683	0,678	0,665	0,667	0,662	0,657	0,646	0,640	0,639	0,625	0,650
Тюменская область	0,740	0,734	0,722	0,732	0,724	0,732	0,722	0,719	0,714	0,701	0,734
Челябинская область	0,709	0,713	0,721	0,718	0,715	0,712	0,702	0,692	0,678	0,676	0,692
Ханты-Мансийский АО	0,704	0,708	0,702	0,694	0,686	0,683	0,680	0,683	0,665	0,650	0,648
Ямало-Ненецкий АО	0,697	0,696	0,679	0,685	0,668	0,659	0,661	0,648	0,616	0,612	0,703
Регионы УрФО в совокупности	0,705	0,704	0,701	0,700	0,694	0,691	0,683	0,679	0,667	0,681	0,688
Республика Алтай	0,743	0,727	0,725	0,739	0,742	0,717	0,723	0,723	0,720	0,696	0,699
Республика Тыва	0,828	0,827	0,830	0,834	0,833	0,826	0,810	0,820	0,808	0,807	0,789
Республика Хакасия	0,726	0,711	0,689	0,682	0,661	0,668	0,648	0,653	0,655	0,659	0,678
Алтайский край	0,736	0,732	0,725	0,718	0,708	0,707	0,709	0,698	0,699	0,698	0,690
Красноярский край	0,721	0,727	0,715	0,709	0,712	0,719	0,710	0,711	0,701	0,694	0,670
Иркутская область	0,718	0,740	0,740	0,739	0,736	0,731	0,722	0,723	0,722	0,716	0,680
Кемеровская обл. - Кузбасс	0,742	0,740	0,734	0,734	0,716	0,717	0,715	0,704	0,696	0,694	0,689
Новосибирская область	0,694	0,695	0,698	0,701	0,691	0,685	0,664	0,683	0,688	0,687	0,671
Омская область	0,732	0,741	0,728	0,736	0,737	0,743	0,735	0,737	0,749	0,726	0,711

Продолжение таблицы П. 5

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Томская область	0,744	0,744	0,766	0,765	0,743	0,741	0,739	0,727	0,728	0,728	0,705
Регионы СФО в совокупности	0,783	0,784	0,787	0,782	0,773	0,767	0,761	0,758	0,754	0,750	0,736
Республика Бурятия	0,812	0,812	0,820	0,802	0,798	0,787	0,772	0,768	0,764	0,753	0,747
Республика Саха (Якутия)	0,748	0,745	0,751	0,770	0,771	0,767	0,760	0,767	0,771	0,746	0,739
Забайкальский край	0,755	0,762	0,764	0,775	0,761	0,761	0,747	0,746	0,739	0,753	0,734
Приморский край	0,785	0,791	0,792	0,798	0,774	0,759	0,733	0,729	0,753	0,718	0,706
Камчатский край	0,745	0,768	0,748	0,755	0,752	0,747	0,689	0,686	0,686	0,656	0,656
Хабаровский край	0,793	0,792	0,802	0,805	0,800	0,784	0,776	0,775	0,779	0,768	0,757
Амурская область	0,757	0,761	0,766	0,762	0,755	0,748	0,751	0,741	0,744	0,746	0,739
Магаданская область	0,782	0,780	0,779	0,771	0,788	0,773	0,752	0,740	0,748	0,747	0,713
Сахалинская область	0,796	0,806	0,788	0,784	0,764	0,759	0,742	0,738	0,741	0,737	0,733
Еврейская автоном. область	0,765	0,778	0,782	0,802	0,812	0,807	0,805	0,795	0,801	0,800	0,780
Чукотский АО	0,760	0,754	0,752	0,772	0,765	0,769	0,690	0,776	0,772	0,721	0,723
Регионы ДФО в совокупности	0,779	0,784	0,785	0,789	0,778	0,765	0,751	0,748	0,758	0,739	0,729
Донецкая область	Официальные данные отсутствуют										
Луганская область											
Херсонская область											
Запорожская область											
Российская Федерация в целом	0,782	0,783	0,783	0,781	0,769	0,762	0,759	0,755	0,764	0,745	0,734

Окончание таблицы П. 5

Субъекты Российской Федерации	Значения Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{п\ БДД\text{-}4}$ по годам										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Томская область	0,705	0,707	0,701	0,690	0,682	0,675	0,653	0,654	0,643	0,650	0,669
Регионы СФО в совокупности	0,726	0,730	0,724	0,722	0,716	0,716	0,708	0,716	0,707	0,715	0,687
Республика Бурятия	0,728	0,731	0,728	0,733	0,726	0,720	0,717	0,736	0,726	0,730	0,720
Республика Саха (Якутия)	0,734	0,740	0,741	0,736	0,732	0,726	0,728	0,663	0,740	0,654	0,711
Забайкальский край	0,734	0,738	0,737	0,717	0,710	0,700	0,674	0,646	0,669	0,640	0,652
Приморский край	0,685	0,682	0,667	0,664	0,661	0,643	0,646	0,599	0,642	0,595	0,695
Камчатский край	0,635	0,648	0,650	0,650	0,631	0,645	0,631	0,707	0,604	0,696	0,649
Хабаровский край	0,748	0,740	0,746	0,724	0,727	0,721	0,713	0,715	0,700	0,719	0,687
Амурская область	0,729	0,743	0,731	0,722	0,731	0,720	0,711	0,666	0,724	0,658	0,707
Магаданская область	0,687	0,681	0,671	0,661	0,680	0,674	0,681	0,695	0,655	0,673	0,622
Сахалинская область	0,712	0,725	0,712	0,712	0,717	0,701	0,697	0,714	0,691	0,706	0,647
Еврейская автоном. область	0,760	0,755	0,765	0,744	0,743	0,742	0,722	0,639	0,727	0,726	0,705
Чукотский АО	0,667	0,631	0,680	0,695	0,682	0,586	0,668	0,716	0,737	0,650	0,661
Регионы ДФО в совокупности	0,713	0,715	0,709	0,707	0,705	0,696	0,690	0,685	0,690	0,684	0,681
Донецкая область	Официальные данные отсутствуют										
Луганская область											
Херсонская область											
Запорожская область											
Российская Федерация в целом	0,720	0,718	0,713	0,712	0,710	0,706	0,699	0,699	0,697	0,694	0,697

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 – Информация о показателях дорожно-транспортной аварийности [151] и Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3}$ городских систем безопасности дорожного движения в городах России различной численности населения (2021)

Таблица П. 6.1 – Информация о показателях дорожно-транспортной аварийности [151] и Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3}$ городских систем безопасности дорожного движения в крупнейших городах России (2021)

№№	Город	Население, чел.	Число ДТП, ед.	Число пострадавших в ДТП, чел.	Число погибших в ДТП, чел.	Социальный риск HR, пог. / 100 тыс. Чел.	Тяжесть ДТП, %	$H_{n\ БДД\text{-}3}$
1	Москва	13010112	8516	10008	358	2.,75	3,58	0,627
2	Санкт-Петербург	5601911	5006	5878	197	3,52	3,35	0,638
3	Новосибирск	1633595	980	1175	83	5,08	7,06	0,596
4	Екатеринбург	1544376	1164	1513	66	4,27	4,36	0,650

Таблица П. 6.2 – Информация о показателях дорожно-транспортной аварийности [151] и Относительной энтропии $H_{n\ БДД\text{-}3}$ городских систем безопасности дорожного движения в крупных городах России (2021)

№№	Город	Население, чел.	Число ДТП, ед.	Число пострадавших в ДТП, чел.	Число погибших в ДТП, чел.	Социальный риск HR, пог. / 100 тыс. Чел.	Тяжесть ДТП, %	$H_{n\ БДД\text{-}3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Краснодар	948827	939	1219	64	6,75	5,25	0,650
2	Саратов	830155	1103	1503	40	4,82	2,66	0,695
3	Тюмень	816800	1452	2027	51	6,24	2,52	0,709
4	Тольятти	693072	633	802	22	3,17	2,74	0,666
5	Ижевск	646468	544	652	21	3,25	3,22	0,643
6	Барнаул	631127	830	1066	31	4,91	2,91	0,677
7	Ульяновск	625462	634	832	24	3,84	2,88	0,676
8	Иркурск	617315	861	1041	19	3,08	1,83	0,674
9	Хабаровск	610305	647	821	37	6,06	4,51	0,652
10	Махачкала	604266	333	476	33	5,46	6,93	0,641
11	Ярославль	601403	598	744	18	2,99	2,42	0,667
12	Владивосток	600871	737	903	36	5,99	3,99	0,652
13	Оренбург	572819	482	612	21	3,67	3,43	0,657
14	Томск	568508	227	264	17	2,99	6,44	0,581
15	Кемерово	552546	568	770	18	3,26	2,34	0,690
16	Новокузнецк	544583	382	523	22	4,04	4,21	0,663
17	Рязань	534801	730	977	23	4,30	2,35	0,694
18	Набер. Челны	532074	478	575	13	2,44	2,26	0,658

Продолжение таблицы П. 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	Астрахань	524371	702	899	24	4,58	2,67	0,679
20	Киров	521091	762	971	17	3,26	1,75	0,690
21	Пенза	516450	759	1032	24	4,65	2,33	0,700
22	Севастополь	509992	Нет достоверных данных					
23	Балашиха	507307	139	161	4	0,79	2,48	0,617
24	Липецк	503213	436	552	32	6,36	5,80	0,634

Таблица П. 6.3 – Информация о показателях дорожно-транспортной аварийности [151] и Относительной энтропии $H_{п\ БДД\text{-}3}$ городских систем безопасности дорожного движения в малых городах России (2021)

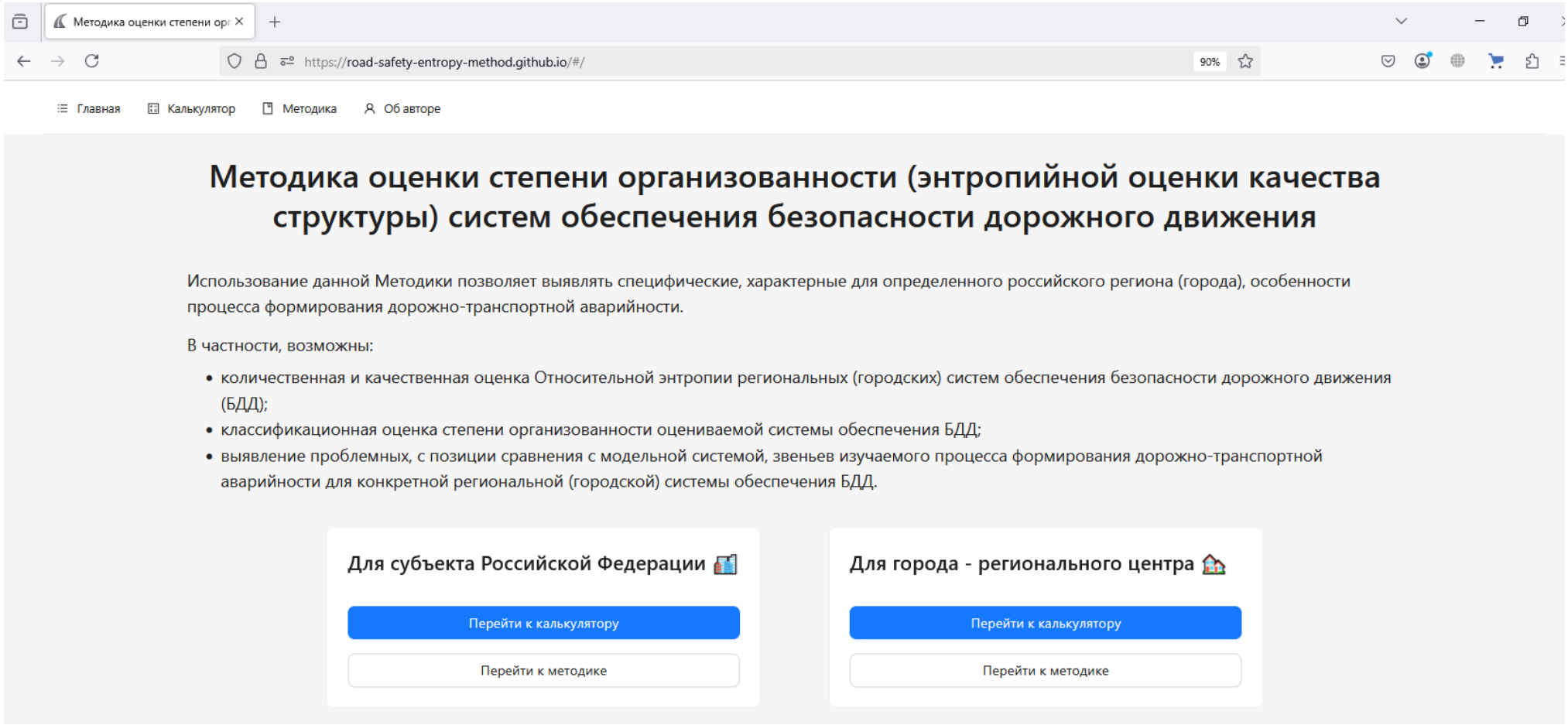
№№	Город	Население, чел.	Число ДТП, ед.	Число пострадавших в ДТП, чел.	Число погибших в ДТП, чел.	Социальный риск HR, пог. / 100 тыс. Чел.	Тяжесть ДТП, %	$H_{п\ БДД\text{-}3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Новокуйбышевск	99469	38	48	6	6,03	12,50	0,555
2	Тобольск	98772	144	193	8	8,10	4,15	0,679
3	Воткинск	96861	52	64	2	2,06	3,13	0,641
4	Саров	96479	93	108	3	3,11	2,78	0,643
5	Междуреченск	96088	28	33	3	3,12	9,09	0,553
6	Серов	95141	36	43	3	3,15	6,98	0,583
7	Сарапуль	94554	42	52	1	1,06	1,92	0,654
8	Анапа	94340	344	444	19	20,14	4,28	0,695
9	Ленинск-Кузнецкий	93288	80	104	8	8,58	7,69	0,625
10	Ухта	92479	156	224	10	10,81	4,46	0,698
11	Глазов	91921	34	48	2	2,18	4,17	0,652
12	Магадан	91797	126	173	12	13,07	6,94	0,661
13	Мичуринск	89876	54	66	2	2,23	3,03	0,643
14	Лобня	89522	14	17	2	2,23	11,76	0,523
15	Канск	88362	42	53	6	6,79	11,32	0,570
16	Каменск-Шахтинск	87113	35	47	7	8,04	14,89	0,558
17	Бузулук	86042	71	90	1	1,16	1,11	0,685
18	Киселевск	85339	72	104	6	7,03	5,77	0,667
19	Ивантеевка	82779	20	22	3	3,62	13,64	0,490
20	Новотроицк	82463	36	44	1	1,21	2,27	0,645
21	Железногорск	81619	59	75	3	3,68	4,00	0,647
22	Кузнецк	79800	86	112	8	10,03	7,14	0,637
23	Усть-Илимск	79746	52	67	2	2,51	2,99	0,659
24	Ялта	78171	174	236	13	16,63	5,51	0,684
25	Озерск	78128	37	41	6	7,68	14,63	0,505
26	Геленджик	75504	155	220	17	22,52	7,73	0,678
27	Черногорск	75348	43	57	6	7,96	10,53	0,596
28	Усолье-Сибирское	75062	49	53	1	1,33	1,89	0,623
29	Новоалтайск	74586	78	98	2	2,68	2,04	0,675
30	Шадринск	74400	69	93	2	2,69	2,15	0,689

Окончание таблицы П. 6.3

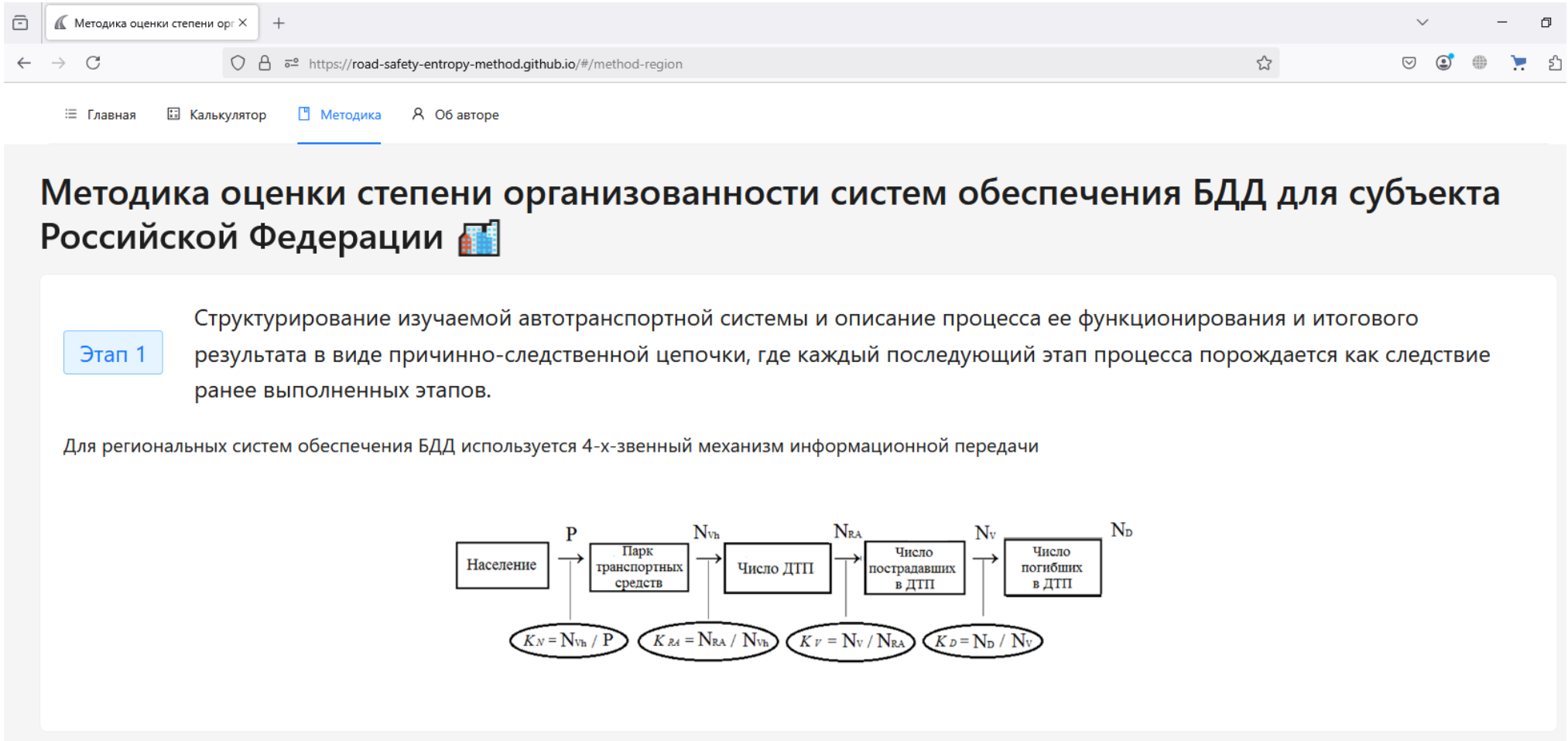
1	2	3	4	5	6	7	8	9
31	Верхняя Пышма	74262	55	77	6	8,08	7,79	0,639
32	Троицк	72723	47	62	4	5,50	6,45	0,630
33	Чапаевск	70944	30	36	1	1,41	2,78	0,633
34	Белово	70611	78	123	12	16,99	9,76	0,666
35	Биробиджан	70433	63	70	1	1,42	1,43	0,645
36	Феодосия	67750	100	134	14	20,66	10,45	0,632
37	Минусинск	67234	60	74	4	5,95	5,41	0,631
38	Сосновый Бор	67054	53	63	2	2,98	3,17	0,640
39	Анжеро-Судженск	66933	56	72	2	2,99	2,78	0,667
40	Буйнакск	66422	12	18	1	1,51	5,56	0,631
41	Заречный	65493	23	29	2	3,05	6,90	0,596
42	Горно-Алтайск	64504	59	67	3	4,65	4,48	0,616
43	Гуково	62658	10	11	1	1,60	9,09	0,515
44	Асбест	62285	21	31	4	6,42	12,90	0,588
45	Зеленогорск	61821	23	29	4	6,47	13,79	0,545
46	Донской	61477	28	38	2	3,25	5,26	0,638
47	Изербаш	61296	16	19	1	1,63	5,26	0,588
48	Ревда	60761	40	54	4	6,58	7,41	0,629
49	Березовский	60334	62	98	4	6,63	4,08	0,707
50	Сибай	60017	38	42	6	10,00	14,29	0,515
51	Полевской	60012	41	55	4	6,67	7,27	0,630
52	Лыткарино	59937	16	21	4	6,67	19,05	0,513
53	Кумертау	59129	26	44	6	10,15	13,64	0,622
54	Фрязино	58938	21	24	3	5,09	12,50	0,522
55	Прохладный	58747	22	30	4	6,81	13,33	0,570
56	Нягань	58733	46	58	3	5,11	5,17	0,636
57	Краснотуринск	55910	29	36	3	5,37	8,33	0,591
58	Североморск	54473	33	43	2	3,67	4,65	0,642
59	Волжск	52703	36	40	1	1,90	2,50	0,624
60	Воркута	52292	33	41	3	5,74	7,32	0,606
61	Гусь-Хрустальный	51998	32	42	1	1,92	2,38	0,670
62	Снежинск	51921	26	30	3	5,78	10,00	0,555
63	Арсеньев	52723	31	34	1	1,90	2,94	0,611
64	Салехард	51186	26	30	1	1,95	3,33	0,619
65	Котельники	50723	27	32	1	1,97	3,13	0,630

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 – Интерфейс Web-сервиса «Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем обеспечения безопасности дорожного движения» (Web-1)

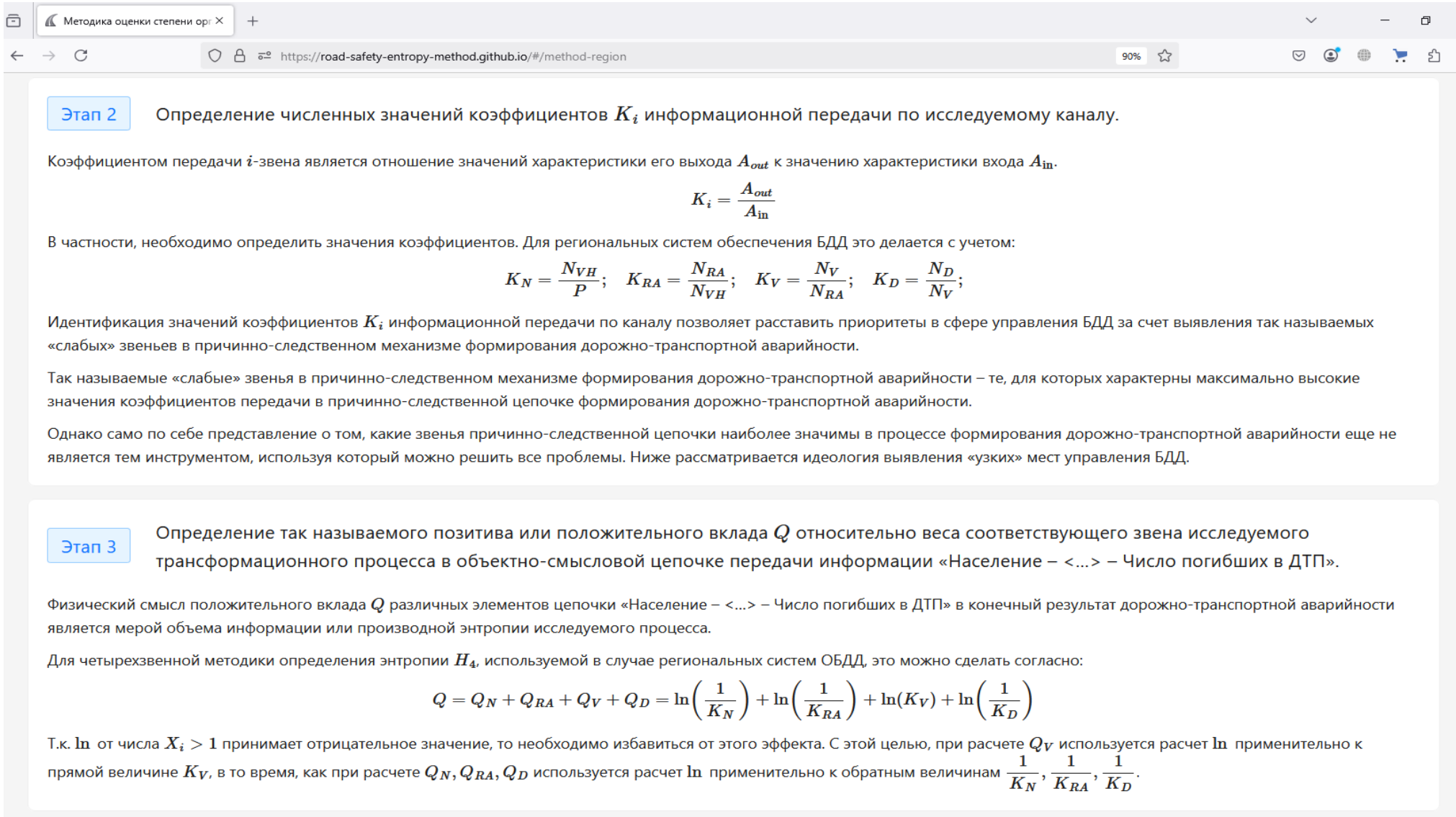
Приложение 7.1 – Пользовательское окно основной страницы Web-сервиса



Приложение 7.2 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-4 для системы обеспечения БДД региона (субъекта) Российской Федерации (1 этап)



Продолжение приложения 7.2 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-4 для системы обеспечения БДД региона (субъекта) Российской Федерации (2-3 этапы)



Этап 2 Определение численных значений коэффициентов K_i информационной передачи по исследуемому каналу.

Коэффициентом передачи i-звена является отношение значений характеристики его выхода A_{out} к значению характеристики входа A_{in}.

$$K_i = \frac{A_{out}}{A_{\text{in}}}$$

В частности, необходимо определить значения коэффициентов. Для региональных систем обеспечения БДД это делается с учетом:

$$K_N = \frac{N_{VH}}{P}; \quad K_{RA} = \frac{N_{RA}}{N_{VH}}; \quad K_V = \frac{N_V}{N_{RA}}; \quad K_D = \frac{N_D}{N_V};$$

Идентификация значений коэффициентов K_i информационной передачи по каналу позволяет расставить приоритеты в сфере управления БДД за счет выявления так называемых «слабых» звеньев в причинно-следственном механизме формирования дорожно-транспортной аварийности.

Так называемые «слабые» звенья в причинно-следственном механизме формирования дорожно-транспортной аварийности – те, для которых характерны максимально высокие значения коэффициентов передачи в причинно-следственной цепочке формирования дорожно-транспортной аварийности.

Однако само по себе представление о том, какие звенья причинно-следственной цепочки наиболее значимы в процессе формирования дорожно-транспортной аварийности еще не является тем инструментом, используя который можно решить все проблемы. Ниже рассматривается идеология выявления «узких» мест управления БДД.

Этап 3 Определение так называемого позитива или положительного вклада Q относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке передачи информации «Население – <...> – Число погибших в ДТП».

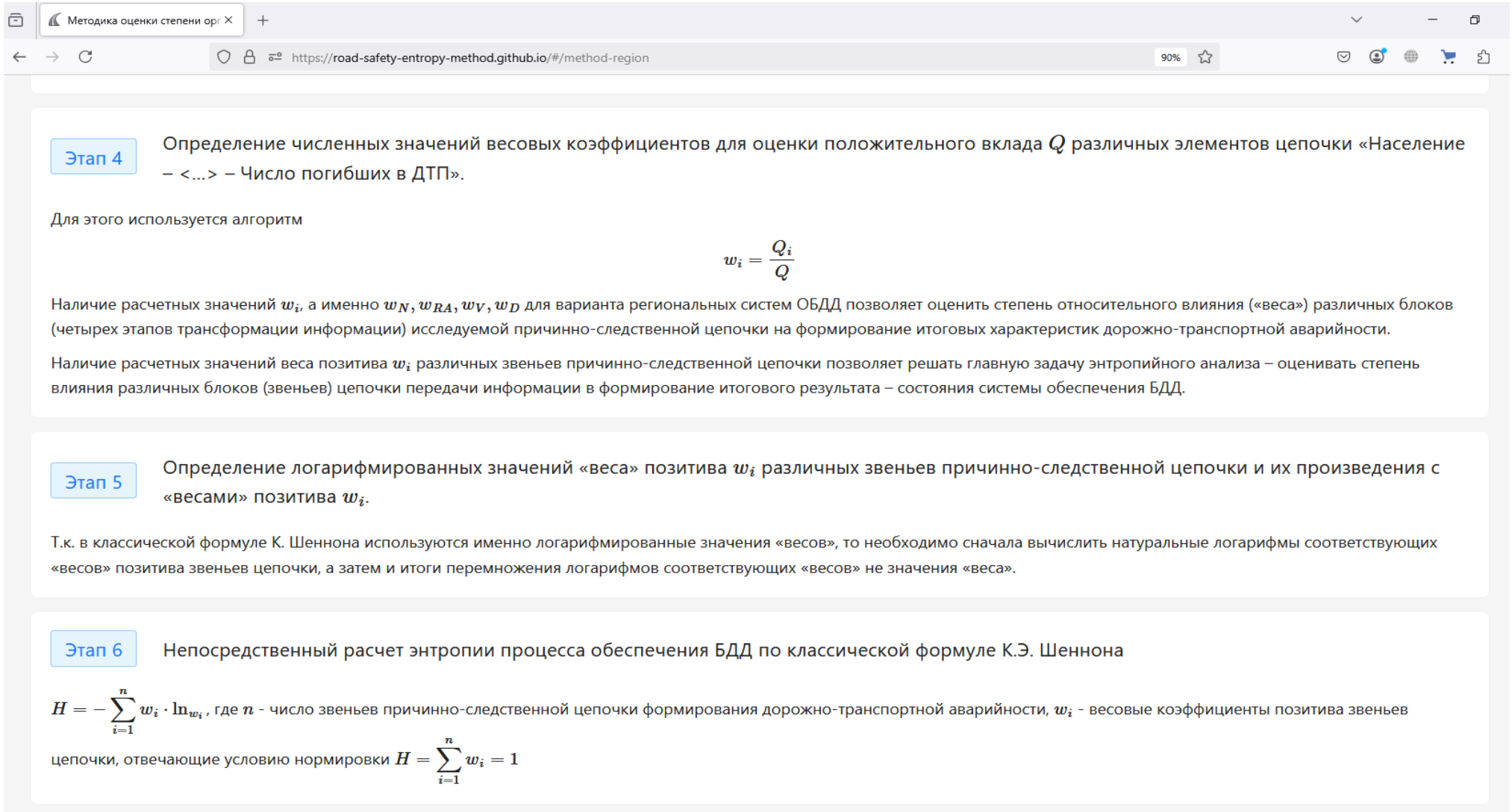
Физический смысл положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <...> – Число погибших в ДТП» в конечный результат дорожно-транспортной аварийности является мерой объема информации или производной энтропии исследуемого процесса.

Для четырехзвенной методики определения энтропии H_4, используемой в случае региональных систем ОБДД, это можно сделать согласно:

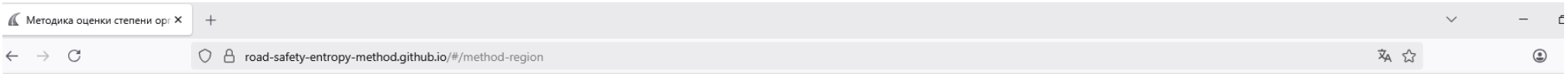
$$Q = Q_N + Q_{RA} + Q_V + Q_D = \ln\left(\frac{1}{K_N}\right) + \ln\left(\frac{1}{K_{RA}}\right) + \ln(K_V) + \ln\left(\frac{1}{K_D}\right)$$

Т.к. $\ln$ от числа $X_i > 1$ принимает отрицательное значение, то необходимо избавиться от этого эффекта. С этой целью, при расчете Q_V используется расчет $\ln$ применительно к прямой величине K_V, в то время, как при расчете Q_N, Q_{RA}, Q_D используется расчет $\ln$ применительно к обратным величинам $\frac{1}{K_N}, \frac{1}{K_{RA}}, \frac{1}{K_D}$.

Продолжение приложения 7.2 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-4 для системы обеспечения БДД региона (субъекта) Российской Федерации (4-6 этапы)



Продолжение приложения 7.2 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-4 для системы обеспечения БДД региона (субъекта) Российской Федерации (7-9 этапы)



Этап 7 Расчет Относительной энтропии H_4 БДД процесса обеспечения БДД может быть осуществлен по формуле

$H_4 = \frac{-\sum_{i=1}^{4} w_i \cdot \ln_{w_i}}{\ln(4)}$, где 4 - это число звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности.

Этап 8 Определение, в рамках Классификации уровня организованности систем ОБДД по величине Относительной энтропии H_4 БДД процесса обеспечения БДД.

Энтропийная классификация региональных систем обеспечения БДД по уровням системной организованности (2025). Система оценок H_4

Очень высокий уровень организованности - класс I	Высокий уровень организованности - класс II		Средний уровень организованности - класс III		Низкий уровень организованности - класс IV		Очень низкий уровень организованности - класс V
	Класс II-1	Класс II-2	Класс III-1	Класс III-2	Класс IV-1	Класс IV-2	
< 0,640	0,641...0,660	0,661...0,680	0,681...0,700	0,701...0,720	0,721...0,740	0,741...0,760	> 0.761

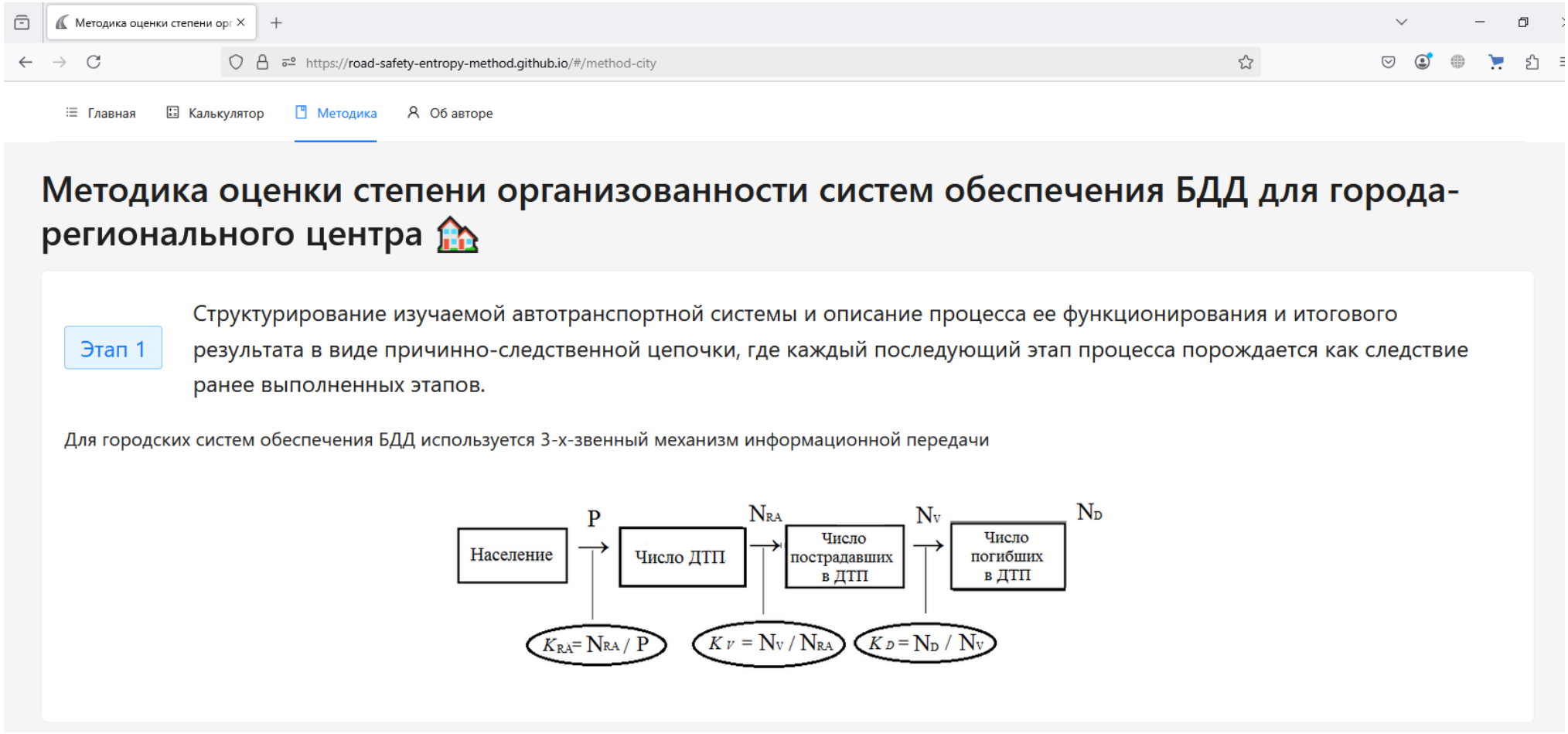
Этап 9 Идентификация ранговой иерархии «болевых» или «критических» проблем систем обеспечения БДД.

Процедура определения ранговой иерархии «болевых» проблем связана со сравнением фактических расчетных значений соответствующих «весов» w_i звеньев причинно-следственной цепочки с общероссийскими значениями w_i.

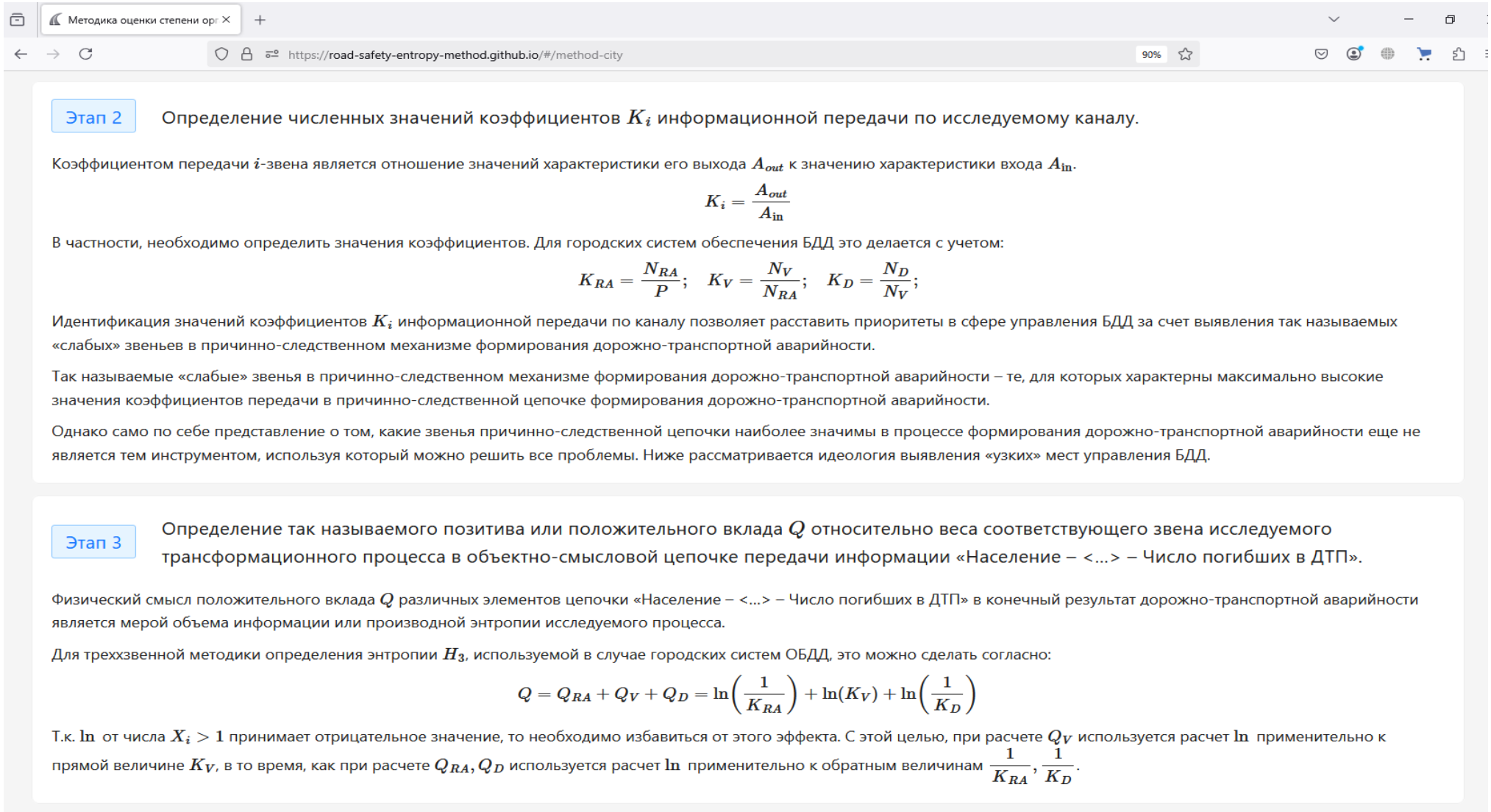
Базовые, принятые за стандарт значения «весов» w_i звеньев причинно-следственной цепочки (2025) для регионов РФ. Система оценок H_4

w_N	w_{RA}	w_V	w_D
0.084	0.63	0.03	0.256

Приложение 7.3 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-3 для системы обеспечения БДД города Российской Федерации (1 этап)



Продолжение приложения 7.3 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-*3* для системы обеспечения БДД города Российской Федерации (2-3 этапы)



Этап 2 Определение численных значений коэффициентов K_i информационной передачи по исследуемому каналу.

Коэффициентом передачи i-звена является отношение значений характеристики его выхода A_{out} к значению характеристики входа A_{in}.

$$K_i = \frac{A_{out}}{A_{\text{in}}}$$

В частности, необходимо определить значения коэффициентов. Для городских систем обеспечения БДД это делается с учетом:

$$K_{RA} = \frac{N_{RA}}{P}; \quad K_V = \frac{N_V}{N_{RA}}; \quad K_D = \frac{N_D}{N_V};$$

Идентификация значений коэффициентов K_i информационной передачи по каналу позволяет расставить приоритеты в сфере управления БДД за счет выявления так называемых «слабых» звеньев в причинно-следственном механизме формирования дорожно-транспортной аварийности.

Так называемые «слабые» звенья в причинно-следственном механизме формирования дорожно-транспортной аварийности – те, для которых характерны максимально высокие значения коэффициентов передачи в причинно-следственной цепочке формирования дорожно-транспортной аварийности.

Однако само по себе представление о том, какие звенья причинно-следственной цепочки наиболее значимы в процессе формирования дорожно-транспортной аварийности еще не является тем инструментом, используя который можно решить все проблемы. Ниже рассматривается идеология выявления «узких» мест управления БДД.

Этап 3 Определение так называемого позитива или положительного вклада Q относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке передачи информации «Население – <...> – Число погибших в ДТП».

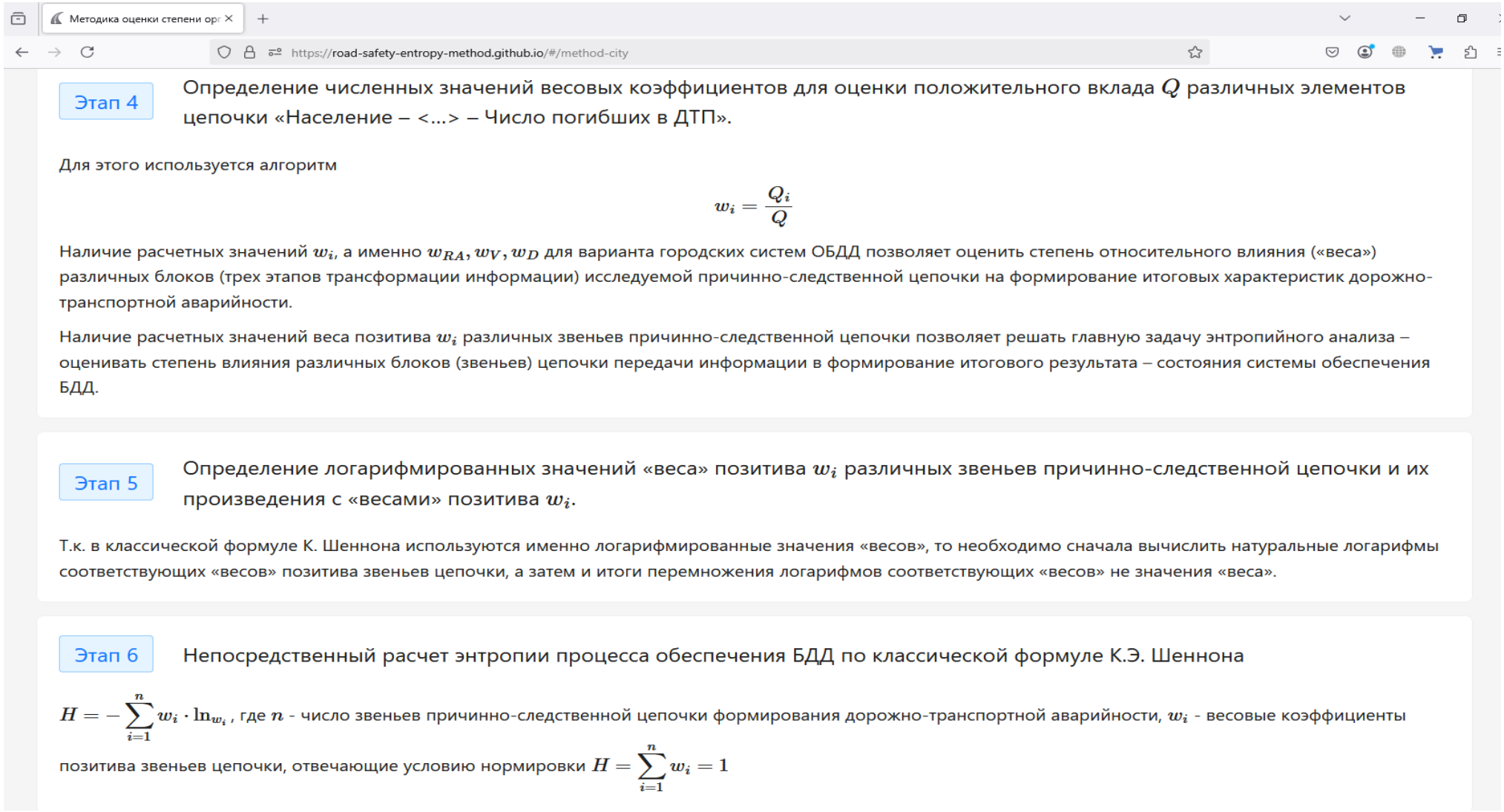
Физический смысл положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <...> – Число погибших в ДТП» в конечный результат дорожно-транспортной аварийности является мерой объема информации или производной энтропии исследуемого процесса.

Для трехзвенной методики определения энтропии H_3, используемой в случае городских систем ОБДД, это можно сделать согласно:

$$Q = Q_{RA} + Q_V + Q_D = \ln\left(\frac{1}{K_{RA}}\right) + \ln(K_V) + \ln\left(\frac{1}{K_D}\right)$$

Т.к. $\ln$ от числа $X_i > 1$ принимает отрицательное значение, то необходимо избавиться от этого эффекта. С этой целью, при расчете Q_V используется расчет $\ln$ применительно к прямой величине K_V, в то время, как при расчете Q_{RA}, Q_D используется расчет $\ln$ применительно к обратным величинам $\frac{1}{K_{RA}}, \frac{1}{K_D}$.

Продолжение приложения 7.3 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-*3* для системы обеспечения БДД города Российской Федерации (4-6 этапы)



Продолжение приложения 7.3 – Поэтапная Методика расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-3 для системы обеспечения БДД города Российской Федерации (7-9 этапы)



Этап 7 Расчет Относительной энтропии H_3 БДД процесса обеспечения БДД может быть осуществлен по формуле

$H_3 = \frac{-\sum_{i=1}^{3} w_i \cdot \ln_{w_i}}{\ln(3)}$, где 3 - это число звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности.

Этап 8 Определение, в рамках Классификации уровня организованности систем ОБДД по величине Относительной энтропии H_3 БДД процесса обеспечения БДД.

Энтропийная классификация систем обеспечения БДД городов-региональных центров РФ по уровням системной организованности (2025). Система оценок H_3

Очень высокий уровень организованности - класс I	Высокий уровень организованности - класс II		Средний уровень организованности - класс III		Низкий уровень организованности - класс IV		Очень низкий уровень организованности - класс V
	Класс II-1	Класс II-2	Класс III-1	Класс III-2	Класс IV-1	Класс IV-2	
< 0,550	0,551...0,575	0,576...0,600	0,601...0,625	0,626...0,650	0,651...0,675	0,676...0,700	> 0.701

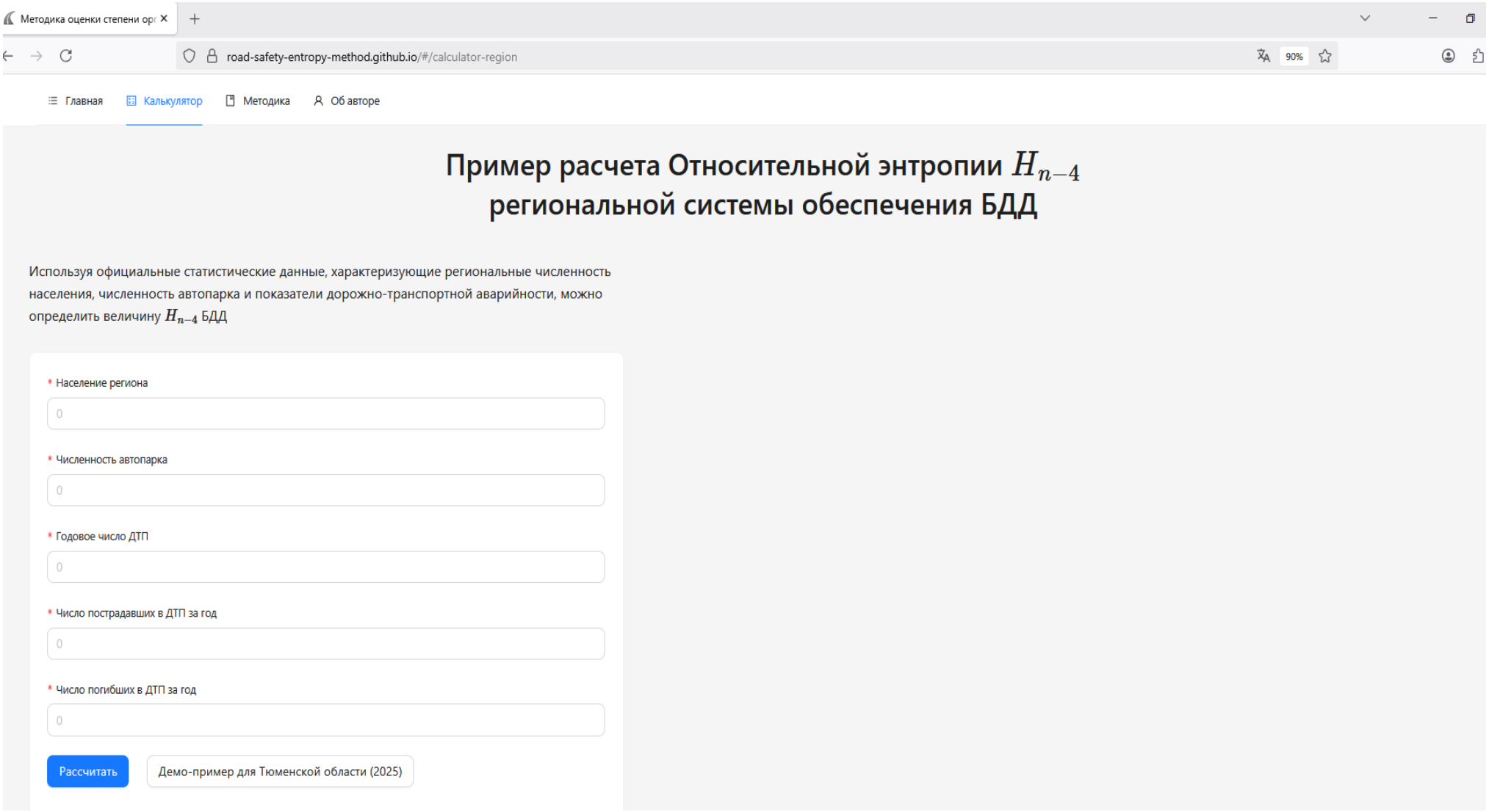
Этап 9 Идентификация ранговой иерархии «болевых» или «критических» проблем систем обеспечения БДД.

Процедура определения ранговой иерархии «болевых» проблем связана со сравнением фактических расчетных значений соответствующих «весов» w_i звеньев причинно-следственной цепочки с общероссийскими значениями w_i.

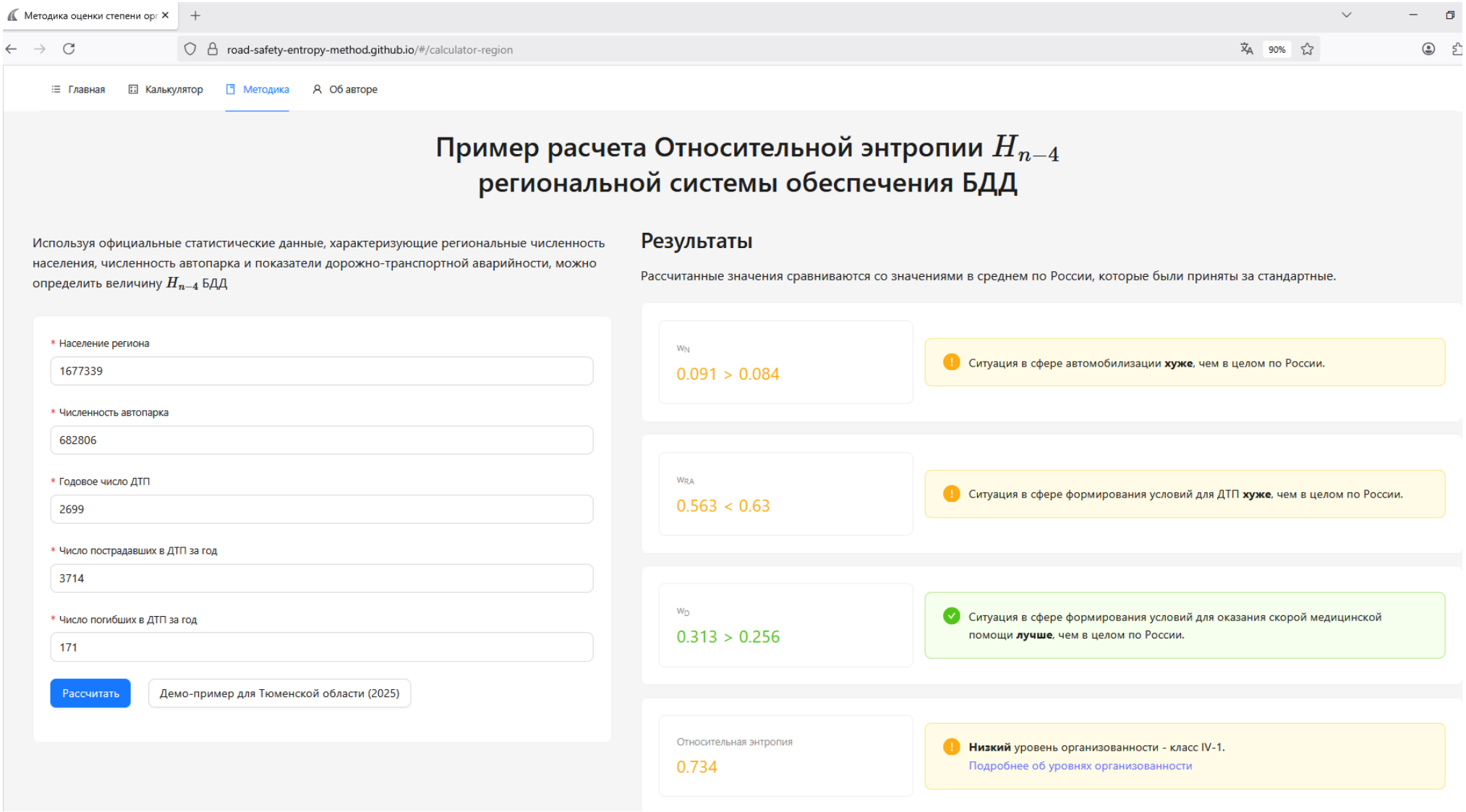
Базовые, принятые за стандарт значения «весов» w_i звеньев причинно-следственной цепочки (2025) для городов РФ. Система оценок H_3

w_{RA}	w_V	w_D
0.673	0.013	0.315

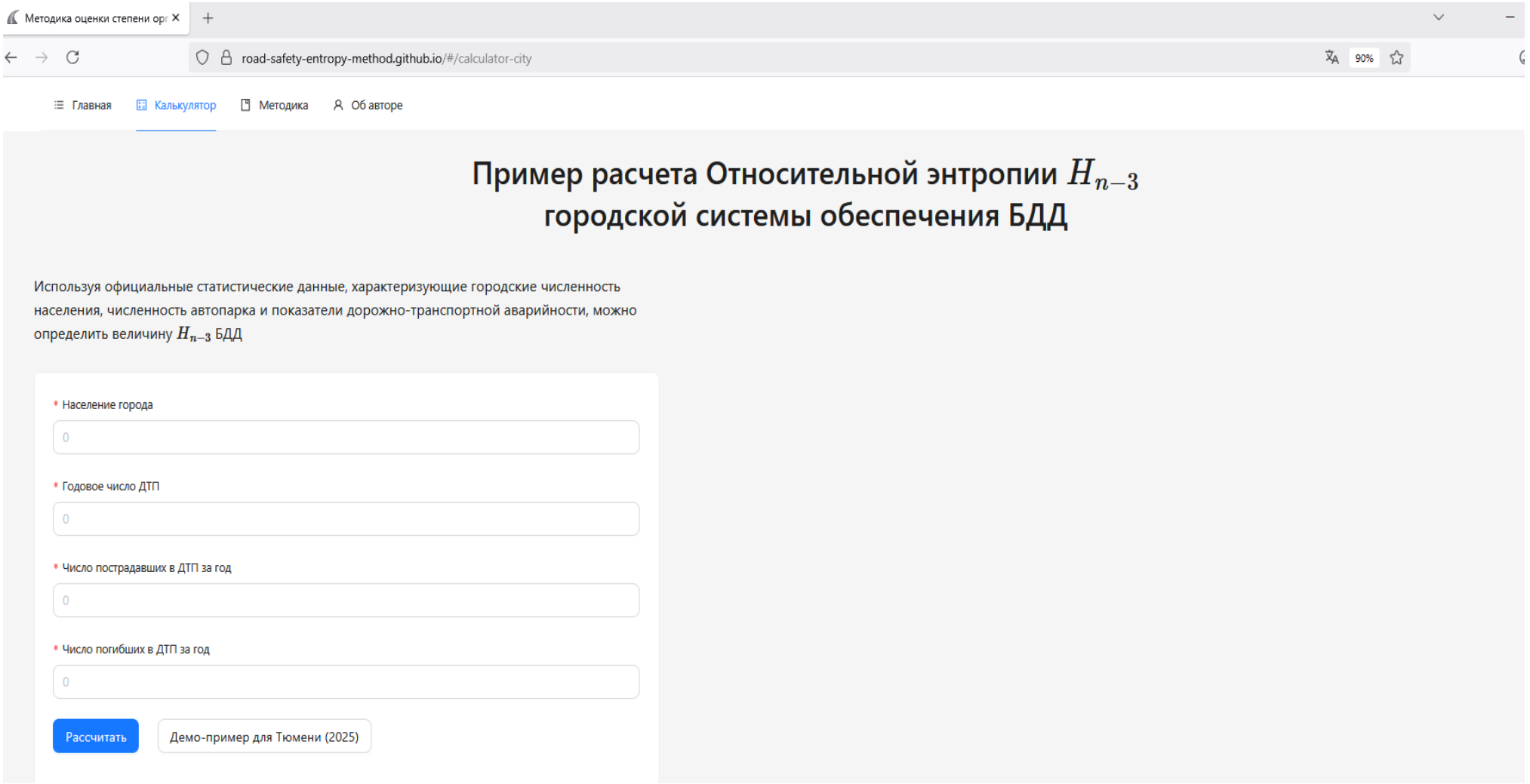
Приложение 7.4 – Пользовательское окно по работе с исходными данными (региональная система обеспечения БДД)



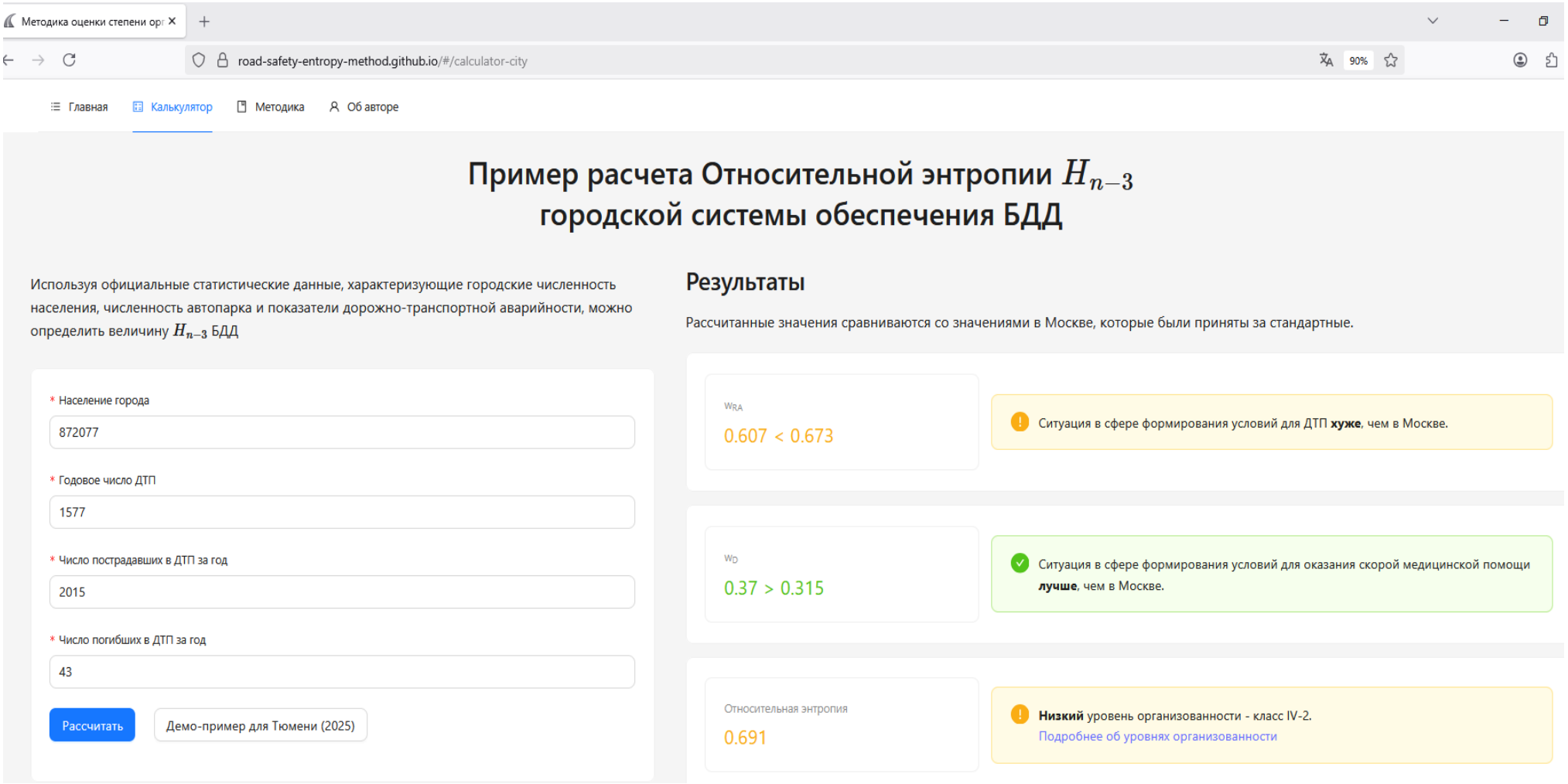
Приложение 7.5 – Пример расчета Относительной энтропии $H_{n\,БДД}$-4 для системы обеспечения БДД Тюменской области (2025)



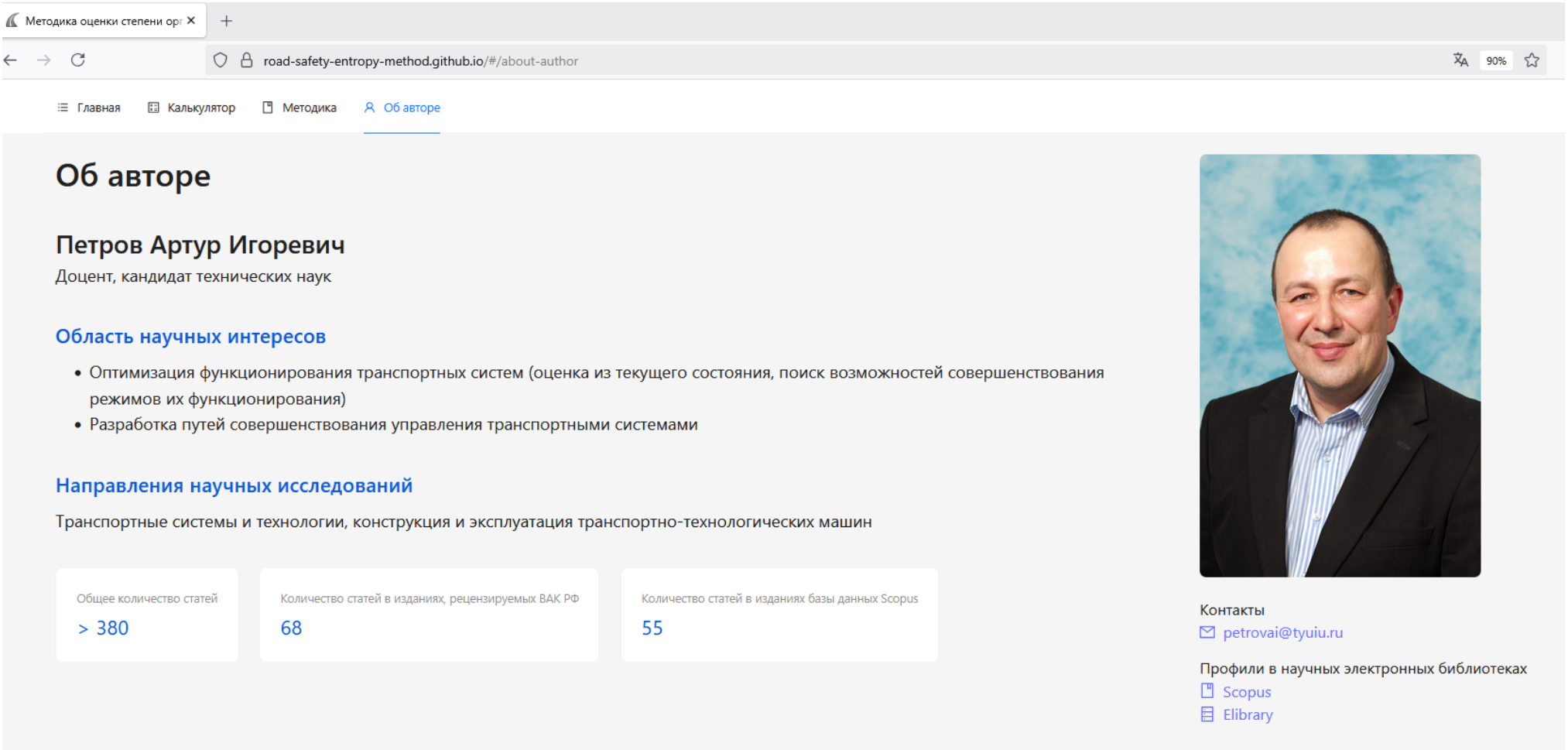
Приложение 7.6 – Пользовательское окно по работе с исходными данными (городская система обеспечения БДД)



Приложение 7.7 – Пример расчета Относительной энтропии $H_{n\ БДД}$-4 для системы БДД г. Тюмени

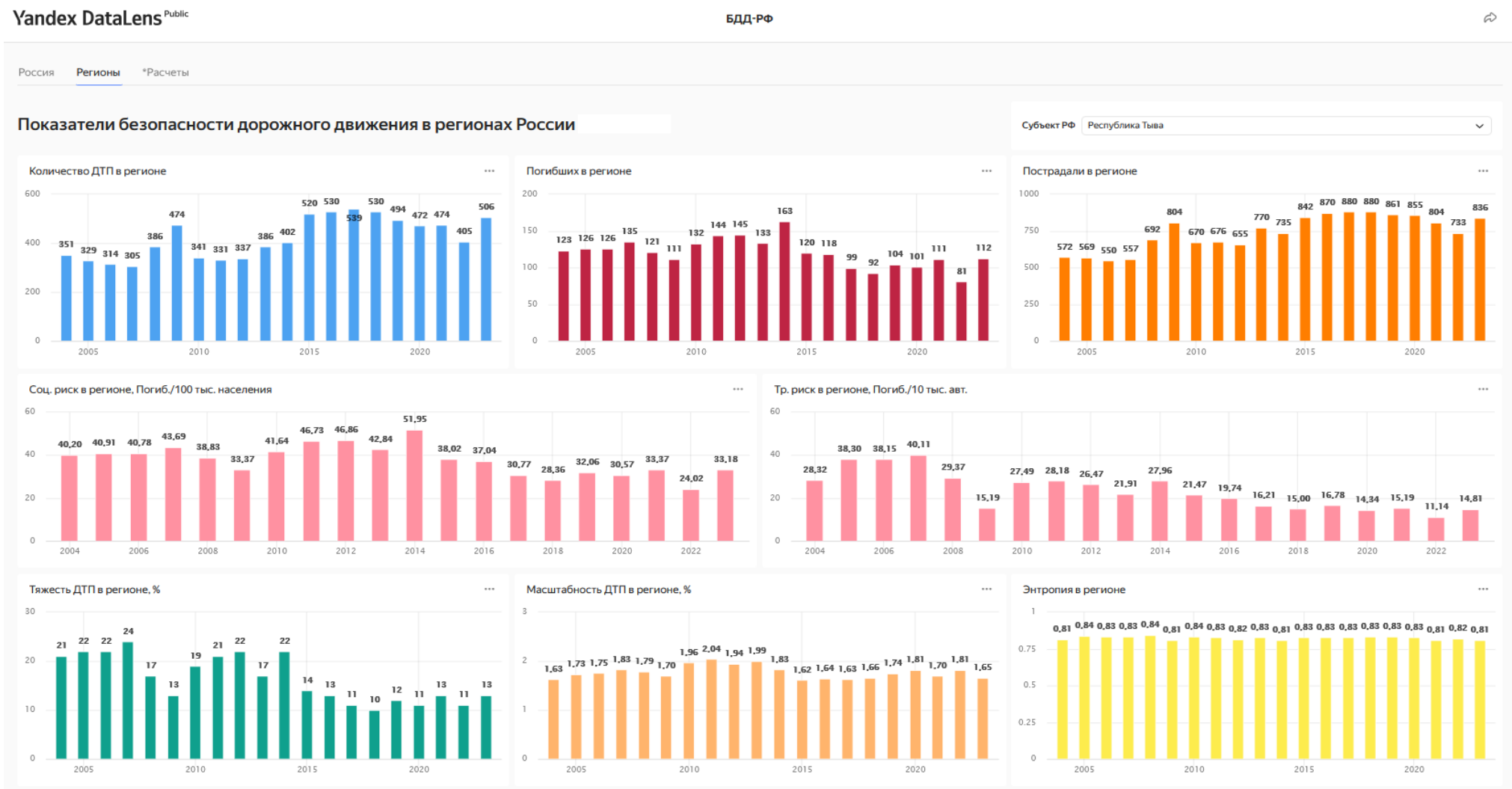


Приложение 7.8 – Информация об авторе Web-сервиса «Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем обеспечения безопасности дорожного движения»



ПРИЛОЖЕНИЕ 8 – Сравнительные диаграммы изменения во времени (2004…2023 гг.) показателей БДД, построенные сервисом Yandex DataLens[Public] для систем обеспечения БДД Республики Тыва и Чеченской республики (Web-2)

Приложение 8.1 – Диаграммы показателей БДД для Республика Тыва



Приложение 8.2 – Диаграммы показателей БДД для Чеченской республики



РИЛОЖЕНИЕ 9 – Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, разработанных для реализации авторских Методик

Приложение 9.1 – Программа 1 (Web-1)



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025612409

Web-сервис "Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем обеспечения безопасности дорожного движения"

Правообладатель: ***Петров Артур Игоревич (RU)***

Автор(ы): ***Петров Артур Игоревич (RU)***

Заявка № **2025610697**

Дата поступления **13 января 2025 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ ***29 января 2025 г.***

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 0692e7d1a8300c6540d6f70ce02d36

Владелец Зубов Юрий Сергеевич

Действителен с 10.10.2024 по 03.10.2025

Ю.С. Зубов

Приложение 9.2 – Программа 2 (Web-2)



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025613146

Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России

Правообладатели: ***Петров Артур Игоревич (RU), Фадюшин Алексей Александрович (RU)***

Авторы: ***Петров Артур Игоревич (RU), Фадюшин Алексей Александрович (RU)***

Заявка № **2025610743**

Дата поступления **13 января 2025 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ ***07 февраля 2025 г.***

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Зубов Юрий Сергеевич

Ю.С. Зубов

ПРИЛОЖЕНИЕ 10 – Акты внедрения результатов диссертационной работы

В данном Приложении представлены скриншоты актов внедрения результатов диссертационного исследования в практическую деятельность сотрудников ФКУ «Научный центр БДД» МВД России, Управления ГИБДД УМВД России по Тюменской области, Северо-Уральского межрегионального управления государственного автодорожного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, Департамента дорожной инфраструктуры и транспорта Администрации г. Тюмени, МКУ «Тюменьгортранс», крупнейшего автотранспортного предприятия г. Тюмени АО «Тюменское ПАТП № 1».

Здесь же представлены скриншоты актов использования программных продуктов Web-1 и Web-2 при организации учебного процесса для студентов профильных направлений Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Барнаульского юридического института МВД России, Оренбургского государственного университета, Пермского национального исследовательского политехнического университета, Тюменского индустриального университета, Уральского государственного лесотехнического университета, Уральского государственного университета путей сообщения.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования подтверждается актами о внедрении результатов исследований в деятельности специализированной Школы безопасного вождения «Ермак», Нефтегазового образовательного центра.

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник ФКУ
«Научный центр БДД МВД России»

_____ Д.В. Митрошин

«__» марта 2025 г.

АКТ

результатов внедрения диссертационной работы доцента, к.т.н. Петрова А.И. на тему «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения»

Мы, нижеподписавшиеся, заместитель начальника ФКУ «Научный центр БДД МВД России» к.б.н., доцент А.М. Прохорова и начальник отдела изучения проблем нормативного правового и аналитического обеспечения ФКУ «Научный центр БДД МВД России», к.ю.н. К.С. Баканов настоящим актом подтверждаем использование результатов докторской диссертационной работы к.т.н., доцента А.И. Петрова (ТИУ, г. Тюмень) на тему *«Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения»* в практической деятельности ФКУ «Научный центр БДД МВД России».

Программные продукты (прикладной Web-сервис по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД и прикладной Web-сервис по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД и энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД субъектов Российской Федерации), разработанные к.т.н., доцентом А.И. Петровым, использованы при анализе показателей дорожно-транспортной аварийности в субъектах Российской Федерации.

Целевое назначение данных программных продуктов – выявление структурных особенностей процесса формирования дорожно-транспортной аварийности, характерных для региональных и городских транспортных систем; оценка качества управления процессами обеспечения БДД. Научно-практические разработки к.т.н., доцента А.И. Петрова также могут использоваться с целью идентификации специфической проблематики в сфере управления БДД.

Заместитель начальника ФКУ «Научный центр БДД МВД России», к.б.н., доцент _____ А.М. Прохорова

Начальник отдела изучения проблем нормативного правового и аналитического обеспечения ФКУ «Научный центр БДД МВД России», к.ю.н. _____ К.С. Баканов

МВД РОССИИ
УПРАВЛЕНИЕ МИНИСТЕРСТВА ВНУТРЕННИХ ДЕЛ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
(УМВД России по Тюменской области)

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник УГИБДД УМВД России
по Тюменской области

_____ А.В. Миллер

«22» 01 2025 г.

АКТ
внедрения результатов
диссертационного исследования
к.т.н., доцента ***Петрова Артура Игоревича***

Мы, нижеподписавшиеся, заместитель начальника - начальник отдела регистрационно-экзаменационной работы, технического и дорожного надзора УГИБДД УМВД России по Тюменской области подполковник полиции А.С. Сотников и заместитель начальника - начальник отдела ДПС и исполнения административного законодательства подполковник полиции В.А. Ренцалов настоящим актом подтверждаем использование результатов докторской диссертационной работы к.т.н., доцента А.И. Петрова на тему «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения» в практической деятельности сотрудников УГИБДД УМВД России по Тюменской области.

Данная Методология позволяет выявлять специфические особенности процессов формирования дорожно-транспортной аварийности, характерные для систем обеспечения БДД регионов и городов.

Программные продукты (прикладной Web-сервис по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД и прикладной Web-сервис по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД и энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД субъектов Российской Федерации), разработанные автором Методологии, могут с успехом использоваться с целью идентификации специфической проблематики в сфере управления БДД.

Важно отметить, что научно-практический инструментарий, разработанный в ходе выполнения исследований А.И. Петрова, может быть использован для целей сравнительной оценки качества управленческой деятельности региональных и муниципальных органов ГИБДД.

Заместитель начальника - начальник отдела регистрационно-экзаменационной работы, технического и дорожного надзора УГИБДД УМВД России по Тюменской области, подполковник полиции _____ А.С. Сотников

Заместитель начальника-начальник отдела ДПС и исполнения административного законодательства подполковник полиции _____ В.А. Ренцалов

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ
В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА
СЕВЕРО-УРАЛЬСКОЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ
УПРАВЛЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОДОРОЖНОГО НАДЗОРА
Пермякова ул., д.44, г. Тюмень, 625016
Тел., факс (3452) 33-30-09,
E-mail: ugadn72@mail.ru
http://ugadn728689.tu.rostransnadzor.ru
ОКПО 16728123, ОГРН 1177232020811,
ИНН 7203424512 / КПП 720301001

27.01.2020 № 1-0309

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования
на соискание научной степени доктора технических наук
к.т.н., доцента **Петрова Артура Игоревича**
«Научные основы организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения»
в производственную деятельность Северо-Уральского МУГАДН

Данным актом подтверждается факт использования в работе персонала Северо-Уральского МУГАДН результатов диссертационного исследования на соискание научной степени доктора технических наук доцента Тюменского индустриального университета, к.т.н. А.И. Петрова.

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук «Научные основы организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения» является актуальной, а результаты, полученные ее автором, являются основой для понимания сути процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в целом и особенностей ее проявления в региональном разрезе.

Практическая реализация методики корректирования ресурсного обеспечения процесса управления БДД, разработанной А.И. Петровым, позволит способствовать снижению дорожно-транспортной аварийности в Тюменской области, Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах.

Материалы исследований могут быть использованы в целях управления БДД в регионе, в частности, путем оптимизации процедур лицензирования деятельности пассажирских перевозчиков в регионе, совершенствованием процесса подготовки водителей, выполняющих международные перевозки грузов, пассажиров и перевозку опасных грузов.

Начальник управления А.Ф. Дробот

АДМИНИСТРАЦИЯ ГОРОДА ТЮМЕНИ
ДЕПАРТАМЕНТ ДОРОЖНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ И ТРАНСПОРТА

ул. Киевская, д.60а, г. Тюмень, 625027; тел.: (3452) 68-05-00; факс: 68-05-26
E-mail: depstroy@tyumen-city.ru; http://www.tyumen-city.ru

06.12.2019 № 45-08-3816/19 на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора Департамента
дорожной инфраструктуры и транспорта
Администрации г. Тюмени

_____ Е.С. Ташланов
«___» _____ 2019 г.
М.п.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы
Петрова Артура Игоревича
на тему «Научные основы организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Настоящий акт подтверждает, что результаты диссертационного исследования Петрова Артура Игоревича используются в плановой работе по управлению безопасностью дорожного движения (БДД) на территории городского округа Тюмень и обеспечению безаварийного функционирования автотранспортной системы г. Тюмени.

Разрабстанные А.И. Петровым «Методика корректирования ресурсного обеспечения процесса управления БДД» и «Методика оценки организованности процесса обеспечения БДД на уровне субъекта Федерации и муниципального образования» используются при разработке муниципальной Программы по повышению БДД на срок до 2024 г.

Разрабстанные автором методики учета в практике управления муниципальной автотранспортной системой фактического уровня организованности систем обеспечения БДД позволяют в большей степени, чем ранее, контролировать непосредственно процесс формирования дорожно-транспортной аварийности в городе и способствуют выбору наиболее оптимальных управленческих стратегий в этой сфере.

Необходимо отметить, что между Тюменским индустриальным университетом (ТИУ) и Департаментом дорожной инфраструктуры и транспорта Администрации г. Тюмени давно сложились профессиональные деловые отношения. Во многом этому способствовала научно-исследовательская работа доценга этой кафедры, к.т.н. А.И. Петрова.

Исполнитель: Игнатюин Владислав Александрович, 68-05-55

МУНИЦИПАЛЬНОЕ КАЗЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
«ТЮМЕНЬГОРТРАНС»
ул. Республики, д. 200, г. Тюмень, 625035
тел. (3452) 68-84-38
E-mail: info@tgt72.ru
http://www.tgt72.ru/

«УТВЕРЖДАЮ»
И.о. директора
Р.В. Тимерзянов
03.02.2025

03 ФЕВ 2025 № 60-03-187/25

На № от

АКТ
внедрения результатов
диссертационного исследования
к.т.н., доцента Петрова Артура Игоревича

Мы, нижеподписавшиеся, заместитель директора, к.т.н. Новоселов Дмитрий Михайлович и начальник отдела мониторинга, профилактики и разработки режимов дорожных светофорных объектов Токарева Екатерина Владимировна настоящим актом подтверждаем использование результатов докторской диссертационной работы к.т.н., доцента А.И. Петрова на тему «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения» в практической деятельности сотрудников МКУ «Тюменьгортранс».

Практические результаты данного диссертационного исследования реализованы в форме прикладного Web-сервиса «Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем обеспечения безопасности дорожного движения», использование которого позволяет идентифицировать структурные особенности системных процессов в сфере обеспечения безопасности дорожного движения конкретного города (БДД).

Количественная оценка Относительной энтропии Hn БДД тюменской городской системы обеспечения БДД, оценка значимости различных звеньев причинно-следственной цепочки процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в г. Тюмени позволяют специалистам МКУ «Тюменьгортранс» выявлять проблемные зоны в сфере управления дорожной безопасностью, аргументировать выбор управленческих приоритетов. Важным результатом диссертационного исследования можно признать вывод о необходимости практического использования дифференцированных подходов в определении числа фаз и общей продолжительности циклов светофорных объектов, обслуживающих городские автодороги различной категорийности и разного уровня значимости.

Заместитель директора, к.т.н. Д.М. Новоселов

Начальник отдела мониторинга,
профилактики и разработки
режимов дорожных светофорных объектов Е.В. Токарева

Акционерное общество
«Тюменское пассажирское автотранспортное предприятие №1»
(АО « ТПАТП № 1»)
Республики ул., д. 206 а, Тюмень
625019
Тел. 27-28-67 факс. 27-28-25
E-mail: patp1@tat72.ru
ОКПО 03097498, ОГРН 1077203023611
ИНН/КПП 7203193689/720301001

_____ № _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель генерального директора

АО «Тюменское ПАТП № 1»

_____ К.М. Морозов

«__» _____ 2019 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационной работы
ПЕТРОВА Артура Игоревича
«Научные основы организованности
систем обеспечения безопасности дорожного движения»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Настоящий акт составлен в том, что результаты диссертационного исследования Петрова Артура Игоревича использованы в целенаправленной плановой работе, проводимой предприятием, по снижению дорожно-транспортной аварийности среди персонала и Программах совершенствования подготовки водителей АО «Тюменское пассажирское автотранспортное предприятие № 1».

Разработанные автором методики практического пользования, основанные на учете результатов исследования закономерностей формирования организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) в большеразмерных автотранспортных системах, в частности:

1. «Методика корректирования ресурсного обеспечения процесса управления БДД»;

2. «Методика оценки организованности процесса обеспечения БДД на уровне крупного ПАТП»

позволяют оптимизировать экономические затраты нашего предприятия на решение задач по повышению БДД.

Кроме того, необходимо отметить долголетнее плодотворное научно-техническое сотрудничество АО «Тюменское ПАТП № 1» как с Тюменским индустриальным университетом (ТИУ) и кафедрой «Эксплуатации автомобильного транспорта» ТИУ, так и непосредственно с доцентом этой кафедры, к.т.н. Петровым Артуром Игоревичем.

Ковтунович А.И.
27-28-53

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный университет»
(ТИУ)**

ул. Володарского, д. 38, г. Тюмень, 625000
телефон/факс: (3452) 28-36-60, E-mail: general@tyuiu.ru, http://www.tyuiu.ru
ОКПО 02069349; ОГРН 1027200811483; ИНН/КПП 7202028202/720301001

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор
по образовательной деятельности
_____ Л.К. Габышева
«1» мая 2019.

АКТ
внедрения в учебный процесс
результатов диссертационного исследования
доцента кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», к.т.н.
Петрова Артура Игоревича

Комиссия, в составе Председателя – директора Института транспорта А.В. Медведева и членов: заведующего кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» Д.А. Захарова и руководителя Образовательной программы магистратуры «Автобизнес и безопасная эксплуатация систем транспорта» С.А. Ярков, настоящим актом подтверждает внедрение результатов диссертационного исследования *«Научные основы организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения»* доцента кафедры ЭАТ, к.т.н. А.И. Петрова в учебный процесс.

Научные результаты диссертационного исследования А.И. Петрова и методические разработки по повышению безопасности дорожного движения, основанные на полученных закономерностях, используются в процессе преподавания дисциплины «Управление безопасностью дорожного движения» у магистрантов направления подготовки 23.04.01 «Технология транспортных процессов» и дисциплины «Безопасность дорожного движения» у студентов направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Председатель комиссии _____ А.В. Медведев

Члены комиссии: _____ Д.А. Захаров

_____ С.А. Ярков

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
ФГБОУ ВО «Тюменский
индустриальный университет»

_____ Р. И. Абдразаков

«___» _____2025

АКТ

о внедрении в учебный процесс кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» (ЭАТ) Тюменского индустриального университета результатов диссертационной работы доцента, к.т.н. Петрова А.И. на тему «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения»

Комиссия в составе председателя заместителя директора Института транспорта кандидата технических наук, доцента Шарухи А.В. и членов комиссии: заведующего кафедрой ЭАТ кандидата технических наук, доцента Захарова Д.А., доцента кафедры ЭАТ кандидата технических наук, доцента Чикишева Е.М. составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы доцента, к.т.н. Петрова А.И. на тему «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения» используются в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных Петровым А.И., применяются при чтении лекций и проведении практических занятий по дисциплине «Организация и безопасность дорожного движения».

Настоящий акт утвержден на заседании кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», протокол № 8 от 21.01.2025 г.

Председатель комиссии:
Заместитель директора Института транспорта,
к.т.н., доцент А.В. Шаруха

Заведующий кафедрой ЭАТ
к.т.н., доцент Д.А. Захаров

Доцент кафедры ЭАТ
к.т.н., доцент Е.М. Чикишев

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО
«Тюменский индустриальный университет»

_____ Р. И. Абдразаков

«___» _____ 2025 г.

АКТ

о внедрении в учебный процесс
Института дополнительного и дистанционного образования (ИДДО)
Тюменского индустриального университета
результатов диссертационной работы доцента, к.т.н. Петрова А.И. на тему
«Методология управления организованностью системных процессов
обеспечения безопасности дорожного движения»

Комиссия в составе: Председателя – директора ИДДО кандидата технических наук, доцента Медведева А.В. и членов комиссии: начальника отдела организации учебного процесса программ ДПО Девятковой Ю.С. и начальника отдела проектирования образовательных программ Скомороховой Л.В. составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы доцента, к.т.н. Петрова А.И. на тему «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения» были использованы в учебном процессе при реализации Программы повышения квалификации специалистов по организации перевозок автомобильным транспортом в пределах РФ (исполнитель – доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» кандидат технических наук, доцент Ярков С.А.). Обучение по данной Программе было подготовлено и проведено для группы специалистов АО «Транснефть-Сибирь-10» и ООО «Урайское УТТ-1» (срок реализации 21.10.2024 - 24.10.2024 гг., общая трудосмкость 32 часа).

Слушатели Программы были ознакомлены с принципами идентификации системной организованности систем обеспечения БДД и освоили работу с прикладными Web-сервисами по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД и по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД субъектов Российской Федерации.

Председатель комиссии:
Директор Института дополнительного
и дистанционного образования, к.т.н., доцент А.В. Медведев

Начальник отдела организации
учебного процесса программ ДПО Ю.С. Девяткова

Начальник отдела проектирования
образовательных программ Л.В. Скоморохова

УТВЕРЖДАЮ
Начальник Барнаульского юридического института МВД России
полковник полиции

Д.А. Симоненко
«__» февраля 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов научного исследования

1. Наименование НИР: «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения».
2. Вид научной продукция, научно-технической продукции: диссертация.
3. Заказчик НИР – подразделение МВД России: нет.
4. Исполнитель(и) работ: Петров А.И. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет».
5. Основание выполнения научного исследования (НИР): нет.
6. Дата и сведения о приёмке результатов научного исследования (НИР): результаты научного исследования одобрены к внедрению в учебный процесс кафедры информатики и специальной техники на заседании кафедры (протокол № 8 от 3 февраля 2025 г.) со следующей характеристикой: результаты диссертационного исследования отличаются научной новизной и практической значимостью, в частности включают в себя научно-методические разработки в виде двух прикладных Web-сервисов – по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) и по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД. Перечисленные Web-сервисы рекомендуется использовать при проведении практических занятий по разделу «Актуальные вопросы деятельности Государственной инспекции безопасности дорожного движения (Госавтоинспекции)».
7. Сведения о внедрении НИР: результаты научного исследования внедрены в образовательную деятельность БЮИ МВД России в форме размещения в электронной информационно-образовательной среде института.
8. Сведения об эффективности внедрения НИР в оперативно-служебную деятельность подразделений (категорий сотрудников), а также в деятельность образовательных организаций МВД России: внедрение результатов диссертации в образовательный процесс способствует профессионально ориентированной подготовке обучающихся.

Начальник кафедры информатики и специальной техники БЮИ МВД России
майор полиции
«24» февраля 2025 г.

Д.Ю. Каширский

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (ОГУ)

Победы пр., д. 13, г. Оренбург, 460018
Тел. (3532) 77-67-70; факс: (3532) 72-37-01
e-mail: post@mail.osu.ru; http://www.osu.ru; http://ogy.рф

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, д.м.н., профессор

_____ С.В. Нотова

«___» _____ 2025 г.

АКТ

_____№_____

о внедрении результатов
научно-исследовательских разработок
в учебный процесс

Комиссия в составе: председатель – декан транспортного факультета Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, доцент Рассоха В.И., заведующий кафедрой автомобильного транспорта, доктор технических наук, профессор Якунин Н.Н., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта Хасанов И.Х. составила настоящий акт о том, что в учебном процессе кафедры автомобильного транспорта используются методики количественной оценки информационно-энтропийной организованности региональных и городских систем обеспечения БДД и прикладные Web-сервисы по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД и прикладного Web-сервиса по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД и энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД субъектов Российской Федерации. Данный научно-информационный инструментарий является частью методологии управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения (БДД), разработанной кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ТИУ Петровым Артуром Игоревичем и доктором технических наук, профессором, профессором СПбГАСУ Евтюковым Сергеем Аркадьевичем.

Методология управления организованностью системных процессов обеспечения БДД позволяет количественно оценить степень организованности региональных и городских систем обеспечения безопасности дорожного движения, выявить специфику процессов формирования дорожно-транспортной аварийности, идентифицировать «узкие места» процессов обеспечения БДД.

Методический материал и пакет прикладных программ используются в учебном процессе подготовки по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» и направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов». Материалы исследований включены в программу учебных дисциплин «Организация и безопасность

движения», «Основы безопасности транспортных процессов в нефтегазовом комплексе» «Безопасность транспортного процесса».

Декан транспортного факультета
д.т.н., доцент — В.И. Рассоха

Заведующий кафедрой автомобильного транспорта,
д.т.н, профессор — Н.Н. Якупин

Доцент кафедры автомобильного транспорта
к.т.н., доцент — И.Х. Хасанов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**
(ПНИПУ)

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29.
Тел.: 8(342) 219-80-67. Факс: 8(342) 219-89-27
E-mail: rector@pstu.ru; http://www.pstu.ru
ОКПО 02069065 ОГРН 1025900513924 ИНН/КПП 5902291029/590201001

_____ № _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

проректор по образовательной
деятельности, д-р пед. наук, доцент

_____ И.Ю. Черникова

«___» февраля 2025 г.

АКТ
о внедрении результатов научно-исследовательских разработок в учебный процесс

Комиссия в составе д-ра техн. наук, доцента Лобова Н.В., д-ра техн. наук, профессора Бояршинова М.Г., канд. техн. наук, доцента Щелудякова А.М. составила настоящий акт о том, что в учебном процессе кафедры «Автомобили и технологические машины» используются научно-практические и методические разработки доцента кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Тюменского индустриального университета Петрова Артура Игоревича, канд. техн. наук, доцента и профессора Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета Евтюкова Сергея Аркадьевича, д-ра техн. наук, профессора.

Методические разработки по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения, визуальной идентификации численных

Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

значений основных показателей безопасности дорожного движения и уровнем организованности системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения в субъектах Российской Федерации реализованы с использованием прикладных Web-сервисов (https://road-safety-entropy-method.github.io/#/, https://datalens.yandex/t2506m9i5n0si), а также в виде методических рекомендаций для студентов и являются результатами научных исследований доцента Петрова А.И., выполненных в рамках работы по подготовке диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук.

Использование указанных методических разработок позволяет количественно оценивать организованность систем обеспечения безопасности дорожного движения и качество управления безопасностью дорожного движения. Web-сервисы и методические рекомендации используются в учебном процессе, в том числе при выполнении курсовых работ и проектов, бакалаврами при подготовке выпускных квалификационных работ и магистрами при проведении диссертационных исследований.

Директор института дорожного строительства и транспорта, к.т.н., доцент — А.М. Щелудяков

Заведующий кафедрой «Автомобили и технологические машины», д.т.н., доцент — Н.В. Лобов

Профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», д.т.н., проф. — М.Г. Бояршинов

Паклина М.В.
239-10-26

Сертифицировано «РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по образовательной деятельности
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет», к.с.-х.н., доцент
_____Ю.Н. Безгина
«10» 02 2025 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательских разработок, содержащихся в докторской диссертации «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения»
доцента, к.т.н. Петрова Артура Игоревича в учебный процесс
Уральского государственного лесотехнического университета

Комиссия в составе:
председатель – кандидат технических наук, доцент, О.С. Гасилова – и.о. директора Высшей школы транспортно-технологических систем (ВШТТС),
члены комиссии: кандидат технических наук, О.А. Пыталева – доцент, заместитель директора по учебной работе Высшей школы транспортно-технологических систем, старший преподаватель А.А. Волков – заместитель директора по научной работе Высшей школы транспортно-технологических систем

составили настоящий акт о том, что в учебном процессе УГЛТУ используются две практические работы, разработанные кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ТИУ Петровым А.И. и доктором технических наук, профессором, профессором СПбГАСУ Евтюковым С.А. в рамках практического внедрения результатов диссертационного исследования на тему *«Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения»*, выполненного к.т.н., доцентом А.И. Петровым.

Использование в учебном процессе УГЛТУ практических работ «Показатели состояния безопасности дорожного движения (БДД): абсолютные, относительные, специфические. Относительная энтропия, как яркий пример специфического показателя оценки качества управления БДД» и «Изучение специфики процессов формирования дорожно-транспортной аварийности и ее причинной связи с организованностью систем обеспечения безопасности дорожного движения» позволяет решить учебные задачи по изучению набора показателей оценки БДД и их использованию в практической деятельности по управлению БДД на федеральном уровне, по выявлению специфики процессов формирования дорожно-транспортной аварийности в различных регионах и городах Российской Федерации.

Методические материалы и пакет прикладных программ используются в учебном процессе подготовки бакалавров по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов». Материалы исследований включены в программы учебных дисциплин «Технические средства и организация дорожного движения», «Комплексные схемы организации дорожного движения», «Организация и безопасность перевозочного процесса».

Председатель комиссии:
и.о. директора ВШТТС,
к.т.н., доцент О.С. Гасилова
Члены комиссии:
зам. директора ВШТТС по учебной работе,
к.т.н. О.А. Пыталева
зам. директора ВШТТС по научной работе,
старший преподаватель А.А. Волков

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Бушуев С.В.
«05» февраля 2025 г.

АКТ
о применении результатов диссертационной работы
Петрова Артура Игоревича
«Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения»

Результаты диссертационной работы кандидата технических наук, доцента кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Тюменского индустриального университета Петрова Артура Игоревича в рамках диссертации на соискание научной степени доктора технических наук были использованы в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС) г. Екатеринбург на кафедре «Проектирование и эксплуатация автомобилей» при проведении научных исследований по безопасности дорожного движения автомобильного транспорта в крупных российских городах с населением более одного миллиона.

Конкретно были использованы:

– методика количественной оценки информационно-энтропийной организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) различной размерности,

– алгоритмы количественной оценки энтропийной организованности региональных и городских процессов обеспечения БДД.

Данные научно-методические материалы являются составными частями авторской Методологии управления организованностью системных процессов обеспечения БДД, позволяющей количественно оценить степень организованности региональных и городских систем обеспечения безопасности дорожного движения, выявить специфику процессов формирования дорожно-транспортной аварийности, идентифицировать «узкие места» процессов обеспечения БДД.

Методические материалы и пакеты прикладных программ используются в научно-методическом и учебном процессе подготовки бакалавров по направлению 23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Зав кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», д.т.н., профессор — Д. Г. Неволин

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д.т.н, профессор

Л.И. Сучкова

«28» февраля 2025

АКТ
№
г. Барнаул

о внедрении результатов
научно-исследовательских разработок
в учебный процесс

Комиссия в составе: председатель – декан факультета энергомашиностроения и автомобильного транспорта к.т.н., доцент Баранов А.С., члены комиссии – заместитель заведующего кафедрой «Организация и безопасность движения» к.т.н., Павлов С.Н., доцент кафедры«Организация и безопасность движения» к.т.н. Печатнова Е.В. составила настоящий акт о том, что в учебном процессе кафедры «Организация и безопасность движения»используются научно-практические разработки к.т.н., доцента, доцента кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет» Петрова Артура Игоревича и д.т.н., профессора, профессора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»Евтюкова Сергея Аркадьевича.

Комплект вышеупомянутых научно-практических разработок состоит из двух прикладных Web-сервисов– по практической реализации методик оценки энтропийной организованности системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) и по визуальной идентификации численных значений основных показателей БДД и энтропийной организованности системных процессов обеспечения БДД субъектов Российской Федерации. Данные Web-сервисы используются при проведении занятий по дисциплинам«Исследования в дорожном движении» (ссылка https://www.altstu.ru/omkoorder/f52866.pdf) и «Информационные технологии на транспорте» (ссылка https://www.altstu.ru/omkoorder/f52855.pdf), включены в рабочие программы указанных дисциплин.

Информационные Web-сервисы являются элементами практической реализации результатов научных исследований доцента А.И. Петрова, выполненных в рамках работы по подготовке диссертации на соискание научной степени доктора технических наук и оформленных в виде «Методологии управления организованностью системных процессов обеспечения БДД». Использование Методологии позволяет количественно оценивать организованность систем обеспечения БДД, что идентично оценке качества управления БДД.

Декан факультета энергомашиностроения
и автомобильного транспорта к.т.н., доцент А.С. Баранов

Доцент кафедры «Организация и безопасность
движения»к.т.н. Е.В. Печатнова

ЕРМАК
ШКОЛА БЕЗОПАСНОГО ВОЖДЕНИЯ

Аккредитовано Британским королевским обществом по предотвращению несчастных случаев
ROSPA Accredited

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
Школы безопасного вождения
«Ермак»
_____ Д.Ю. Сбитнев
«4» декабря 2019 г.
М.п.

СПРАВКА

об использовании результатов диссертационной работы
ПЕТРОВА Артура Игоревича
«Научные основы организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»
в профессиональной деятельности ООО «Ермак»
по переподготовке и дополнительной профессиональной подготовке водителей

Настоящей справкой подтверждаю, что результаты диссертационного исследования доцента Тюменского индустриального университета, к.т.н., доцента ВАК Петрова А.И. используются в проведении семинаров «Транспортная безопасность в компании», проводимых нашей организацией.

Исполнитель _____ Гагарин А.А.

Адрес: г. Тюмень, ул. Пермякова, д. 44, оф. 305.

Телефон: 8 (3452) 92-02-92

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ЧОУ ДПО
«Нефтегазовый Образовательный Центр»

_____ Ю.С. Маковский

«___» _____ 2025 г.

АКТ

Внедрения в учебный процесс ЧОУ ДПО «Нефтегазовый Образовательный Центр» научно-исследовательских разработок доцента, к.т.н., Петрова А.И., полученных в ходе подготовки диссертации на соискание научной степени доктора технических наук на тему «Методология управления организованностью системных процессов обеспечения безопасности дорожного движения»

Комиссия в составе директора ЧОУ ДПО «НОЦ» Маковской Т.С. и заместителя директора ЧОУ ДПО «НОЦ» Дробота А.Ф удостоверяет настоящим актом факт использования при проведении занятий по повышению квалификации водителей и других работников автомобильного и наземного городского электрического транспорта в рамках курса «Безопасность дорожного движения» (общая продолжительность обучения 72 часа) прикладных Web-сервисов, разработанных доцентом, к.т.н., Петровым А.И.

В ходе практических занятий по безопасности дорожного движения используются Web-сервисы «Методика оценки степени организованности (энтропийной оценки качества структуры) систем обеспечения безопасности дорожного движения» (правообладатель Петров А.И.) и «Визуализация пространственной специфики дорожно-транспортной аварийности в регионах России» (правообладатели Петров А.И. и Фадюшин А.А.).

Результатом работы с Web-сервисами является знакомство слушателей курса «Безопасность дорожного движения» со специфическими проявлениями процессов формирования дорожно-транспортной аварийности, с принципами идентификации системной организованности систем обеспечения БДД и с основными приемами работы с вышеуказанными прикладными программными средствами.

Директор ЧОУ ДПО «НОЦ» Т. Маковская

Зам.директора ЧОУ ДПО «НОЦ» А. Дробот