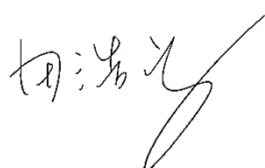


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт–Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

На правах рукописи

Тянь Хаотянь



КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО–УПРАВЛЯЮЩЕЙ
СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ
СРЕДСТВАМИ

Специальность 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Сафиуллин Р.Н.

Санкт–Петербург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОСТАВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ.....	10
1.1 Анализ состояния перевозочного процесса опасных грузов транспортными средствами	10
1.2 Характеристика и особенности факторов, влияющих на безопасность доставки и эффективность перевозочного процесса опасных грузов	14
1.3 Анализ нормативно-регулирующих актов перевозочного процесса опасных грузов	17
1.4 Состояние и перспективы внедрения информационно-телематических технологий в организацию и управление доставкой опасных грузов транспортными средствами.....	21
1.5 Структуризация исследуемой проблемной ситуации, оценка ее сложности и аспектности, постановка научной задачи и разработка методики проведения исследования.....	34
1.6 Выводы по главе 1	34
ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ.....	36
2.1 Принципы построения концептуальной архитектуры телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами	36
2.2 Математические моделирование влияния функционирования телематической автоматизированной информационно-управляющей системы на безопасность и эффективность организации перевозки опасных грузов транспортными средствами	51
2.3 Методика обоснование требований к программно-аппаратным средствам телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами.....	55
2.4 Методика оценки эффективности функционирования телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами	62
2.5 Научно-методический аппарат построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами	66
2.6 Выводы по главе 2	70
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ СРЕДСТВАМ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ	71

3.1 Планирование эксперимента для обоснованию требований к программно-аппаратным средствам	71
3.2 Результаты экспериментального исследования по оценке влияния факторов на эффективность функционирования программно-аппаратных средств в перевозочный процесс опасных грузов транспортными средствами контроля с использованием QR-кодов	75
3.3 Обоснование требований к программно-аппаратным средствам телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами.....	80
3.4 Выводы по главе 3	83
ГЛАВА 4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ.....	84
4.1. Разработка предложений и рекомендаций по построению телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами.....	84
4.1.1 Разработка физической архитектуры построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами	85
4.1.2 Разработка структуры информационной системы поддержки принятия решений для построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами.....	92
4.1.3 Реализация моделей и алгоритмов по внедрению информационно-телематических технологий в перевозочный процесс доставки опасных грузов.....	99
4.2. Техничко-экономическая оценка исследований	102
4.3 Выводы по главе 4	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	111
ПРИЛОЖЕНИЕ А Опросный лист	132
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Патенты на изобретения	134
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акты о внедрении результатов диссертационного исследования	136

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Изменение качественных и количественных характеристик грузов в современных условиях, возрастание объемов и сложности перевозок опасных грузов (ОГ), иногда сопровождающимися серьезными последствиями в аварийной ситуации требуют от организации перевозочного процесса транспортных средств максимальной эффективности и обеспечения безопасности их при минимальном времени на выполнение поставленных задач.

В связи с этим, исходя из существующих приоритетных направлений развития науки в области цифровых и информационно–телематических технологий, определенных Указом Президента РФ № 529 от 18.06.2024 «Об утверждении приоритетных направлений научно–технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий», «Европейским соглашением о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ)», национальным стандартом «Системы искусственного интеллекта на автомобильном транспорте» и международный стандарт ISO «Структура совместных телематических приложений для регулируемых коммерческих грузовых транспортных средств (TARV)», предопределена необходимость внедрения интегрированных интеллектуальных технологий в организацию и управление доставкой опасных грузов транспортными средствами. Таким образом, с развитием единой ИТС предполагается создание теоретических научно–обоснованных принципов построения подсистем ИТС на каждом уровне их функционирования.

Сложившаяся ситуация в сфере организации перевозок опасных грузов сопряжена со значительным возрастающим объемом выполняемых задач и способствует созданию локальной телематической автоматизированной информационно–управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами (ТАИУС ДОГ ТС) с учетом внедрения информационно–телематических технологий, формирование которых только организационно–распорядительными методами без привлечения научного потенциала невозможно.

Построение данной системы требует научного анализа и поиска резервов повышения эффективности перевозок опасных грузов на основе совершенствования системы управления мониторинга грузового транспорта на автомобильной дороге по всем направлениям посредством применения программно–аппаратных средств (ПАС). Однако, существующие системы управления не ведут официальную статистику о перевозке опасных грузов на государственном уровне, что осложняет анализ рисков и разработку превентивных мер, не в полной мере реализованы механизмы, обеспечивающие эффективную деятельность участников перевозки опасных грузов вследствие недостаточного использования современных инструментов, обеспечивающих мониторинг опасных грузов и отсутствие

информационно–телекоммуникационной инфраструктуры, единой базы данных и элементов информационного взаимодействия участников перевозок, обеспечивающего высокоскоростную передачу, обработку и хранению информационных данных.

Степень разработанности темы исследования

По вопросу обеспечения эффективного управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами с учётом применения автоматизированных, информационных и телематических технологий проведены обширные исследования отечественными и зарубежными учеными и специалистами, и рассматривались в работах: Жанказиева С.В., Малыгина, В.И, Макаровой И.В., Гарагана С.А., Шаталовой Н.В., Сафиуллина Р.Н., Михеевой Т.И., Wang Xiaojing, Yang Xiaoguang, Ran Bin и др. Вопросы моделирования процесса перевозки грузов и управления процессом доставки опасных грузов отражены в работах: Зырянова В.В., Сафиуллина Р.Р., Николаева Н.Н., Белого О.В., Королевой Л.А., Nikolai Holeczek, David Watling, GE Cantarella, Sun Jian, Qian Dalin, Shen Xiaoyan, Liu Hongli и др.

Несмотря на значительный объём теоретических и экспериментальных исследований, до настоящего времени: нет научно–методического аппарата построения ТАИУС ДОГ ТС; отсутствует обоснование конструктивных, схемных и программных решений по созданию программно–технических комплексов автоматизации и информатизации процесса доставки опасных грузов; отсутствует комплексная методика построения ТАИУС ДОГ ТС, позволяющая уточнить структуру и порядок организации построения ТАИУС ДОГ ТС на основе оценки эффективности их применения.

Объектом исследования является система управления перевозочным процессом доставки опасных грузов транспортными средствами.

Предметом исследования являются управленческие и инфраструктурные решения по эффективному применению ПАС на основе разработанной комплексной методики построения ТАИУС ДОГ ТС.

Целью работы является повышение эффективности системы управления перевозочным процессом и обеспечения безопасности доставки опасных грузов в транспортно–логистических структурах за счет сформированной локальной телематической автоматизированной информационно–управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами на основе частных методик и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений по ее построению.

Идея заключается в разработке научно–методического аппарата построения ТАИУС ДОГ ТС с целью повышения эффективности и обеспечения безопасности доставки опасных грузов транспортными средствами.

Научная задача исследования заключается в разработке моделей, методик и алгоритмов для построения ТАИУС ДОГ ТС с учетом применения ПАС, повышающих функциональные возможности системы управления перевозками опасных грузов транспортными средствами.

Задач исследования:

1. Провести анализ состояния вопроса исследования существующих теоретических, практических аспектов обеспечения процесса перевозки опасных грузов с учетом анализа наиболее значимых факторов, влияющих на этот процесс.

2. Сформировать математическую модель оценки влияния ТАИУС ДОГ ТС на безопасность и эффективность организации перевозки опасных грузов, позволяющую объективно оценивать многокритериальную структуру требований к ПАС.

3. Разработать методику обоснования требований к программно–аппаратным средствам ТАИУС ДОГ ТС, позволяющая осуществить их рациональный выбор исходя из условий и специфики применения на дороге общего пользования.

4. Разработать методику оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса опасных грузов.

5. Разработать комплексную методику построения ТАИУС ДОГ ТС, с целью определения ее структуры, порядка функционирования и организации её построения.

Научная новизна работы заключается в создании научно–обоснованного методического аппарата построения ТАИУС ДОГ ТС:

1. Установлены закономерности влияния параметров функционирования программно–технических средств ТАИУС ДОГ ТС на показатели безопасности и эффективности перевозочного процесса опасных грузов в условиях варьирования условий движения транспортных средств.

2. Предложена методика обоснования требований к программно–аппаратным средствам ТАИУС ДОГ ТС, позволяющая осуществить их рациональный выбор исходя из условий и специфики применения на дороге общего пользования, с учетом экспериментально установленного обобщенного критерия: степени идентификации состояния опасных грузов (P_i).

3. Разработана методика оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, отличающаяся тем, что включают в себя модель и алгоритм оценки эффективности функционирования альтернативных вариантов систем управления контролем движения на дороге и рационального их выбора, защищённые свидетельствами программ для ЭВМ, которая заключается в научном обосновании использования новых технологических решений, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса опасных

грузов, с учетом установленного критерия: коэффициента эффективности программно–аппаратных средств (δ_n).

4. Предложена комплексная методика построения ТАИУС ДОГ ТС, отличающаяся тем, что включает в себя модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений по уточнению структуры системы и порядка ее организации, защищённые патентами и свидетельствами программ для ЭВМ, с учетом фактических ограничений её использования в конкретных условиях движения транспортных средств с опасными грузами, повышающая эффективность перевозочного процесса опасных грузов.

Соответствие паспорту специальности. Полученные научные результаты соответствуют паспорту специальности 2.9.8 «Интеллектуальные транспортные системы» по пунктам:

п.2. Разработка методов анализа и синтеза интеллектуальных транспортных систем, их архитектуры, алгоритмов создания, функционирования, диагностирования, восстановления работоспособности.

п.7. Теоретические основы и методы моделирования транспортных технологических процессов с целью автоматизированного поиска эффективных решений и интеллектуальных алгоритмов управления транспортными системами, объектами транспортной инфраструктуры, одиночными транспортными средствами.

п.10. Теоретические основы и прикладные методы анализа и повышения эффективности, надежности и безопасности функционирования интеллектуальных транспортных систем, их отдельных элементов на всех этапах жизненного цикла.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Обоснованы модели и методики построения программно–технического комплекса автоматизации перевозочного процесса, обеспечения безопасности и повышения эффективности доставки опасных грузов транспортными средствами на основе установленных закономерностей функционирования программно–технических средств ТАИУС ДОГ ТС в условиях варьирования условий движения транспортных средств.

2. Практическая значимость заключается в прикладном характере исследования, и возможности применения методик и алгоритмов построения предложенной ТАИУС ДОГ ТС для совершенствования системы управления перевозочным процессом опасных грузов в транспортно-логистических структурах на региональных дорогах РФ. Использование технических решений, которые защищены патентами, позволяющие расширить функциональные возможности системы управления перевозочным процессом доставки опасных грузов транспортными средствами.

3. Результаты исследования, включая предложенные схемные технические решения, разработанные теоретические и практические рекомендации по организации локальной ТАИУС ДОГ ТС, были использованы в рамках деятельности МТУ Ространснадзора по СЗФО г. Санкт–Петербург, ООО «Сорож–Логистик» и ЧОУ ДПО «САНКТ–ПЕТЕРБУРГСКИЙ УКЦ АСМАП» (Приложение В).

Методология и методы исследований. При решении поставленных задач использовались методы системного анализа, индукции и дедукции, математического и функционального моделирования, анкетного опроса, теории управления и принятия решений, математической статистики, наблюдения и измерения, эксперимента.

Положения, выносимые на защиту

1. Установлены закономерности влияния факторов функционирования ТАИУС ДОГ ТС на показатели безопасности и эффективности перевозочного процесса опасных грузов в условиях варьирования условий движения транспортных средств, которая включает в себя наиболее значимые параметры, оказывающие наибольшее воздействие на эффективность опасных грузов, и представляют собой: оперативность управления, среднюю скорость движения транспортных средств и состояние опасных грузов.

2. Методика обоснования требований к программно–аппаратным средствам ТАИУС ДОГ ТС, которая включает в себя:

- алгоритм рационального выбора программно–аппаратных средств ТАИУС ДОГ ТС исходя из условий и специфики применения на дороге общего пользования;
- экспериментально установленный обобщенный критерий: степени идентификации состояния опасных грузов (P_i).

3. Методика оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, которая включает в себя:

- модель и алгоритм оценки эффективности функционирования альтернативных вариантов систем управления контролем движения на дороге и рационального их выбора, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса опасных грузов;
- установленный коэффициент эффективности программно–аппаратных средств (δ_n).

4. Комплексная методика построения ТАИУС ДОГ ТС, которая включает в себя модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений по уточнению структуры системы и порядка ее организации, защищённые патентами и свидетельствами программ для ЭВМ, с учетом фактических ограничений её использования в конкретных условиях движения транспортных средств с опасными грузами, повышающая эффективность перевозочного процесса опасных грузов.

Степень достоверности результатов исследования обеспечивается: корректностью постановки задач исследований; подтверждается непротиворечивостью ее результатов фундаментальным законам и результатам экспериментов.

Апробация результатов.

Основные положения и результаты работы докладывались на следующих семинарах и конференциях: XVIII Международный форум–конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (май 2022, г. Санкт–Петербург); II международная конференция транспортная доступность Арктики: сети и системы (июнь 2022, г. Санкт–Петербург); XV Международная научно–практическая конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (октябрь 2022, г. Санкт–Петербург); XIX Международный форум–конкурс студентов и Молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (май 2023, г. Санкт–Петербург); Международная научно–практическая конференция "Транспорт России: проблемы и перспективы – 2023" (ноябрь 2023, г. Санкт–Петербург); X Международная научно–практическая конференция «Информационные технологии и инновации на транспорте» (май 2024, г. Орёл); Международная научно–практическая конференция «Транспорт России: проблемы и перспективы–2024» (май 2024, г. Санкт–Петербург); Международная научно–практическая конференция «Транспорт. Взгляд в будущее» (ноябрь 2024, г. Санкт–Петербург).

Личный вклад автора. Автором выполнены теоретические и экспериментальные исследования, изложенные в диссертационной работе, в том числе сбор и обработка статистических данных, разработка методик, модели построения локальной телематической автоматизированной информационно–управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами, а также их оформление.

Публикации. Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 17 печатных работах (пункты списка литературы № 65, 90–98, 117–119, 180, 191–193, 199), в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получены 2 патента на изобретение (Приложение Б).

Структура диссертации. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения и списка литературы, включающего 210 наименований. Диссертация изложена на 139 страницах машинописного текста, содержит 56 рисунков, 15 таблиц.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОСТАВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

1.1 Анализ состояния перевозочного процесса опасных грузов транспортными средствами

Опасные грузы (ОГ) играют важную роль в развитии экономики и промышленности страны. Эти грузы, к которым относятся химические вещества, нефтепродукты, газ и многие другие, необходимы для производства, строительства и других отраслей. Согласно соответствующим стандартам [25, 111, 154], данные грузы делятся на девять классов (Рисунок 1.1) в зависимости от их типа и степени опасности. В данной работе рассматриваются только опасные грузы категорий 1, 2 и 3, остальные не рассматриваются. Наиболее частыми опасными грузами являются нефть и нефтепродукты (Рисунок 1.2), которые относятся к классу 3 опасных грузов, то есть легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ). К ЛВЖ относят жидкости, которые выделяют легковоспламеняющиеся пары при температуре не более 60 °С (испытания в закрытом сосуде) или 65,6 °С (испытания в открытом сосуде).



Рисунок 1.1 – Классификация опасных грузов [71]

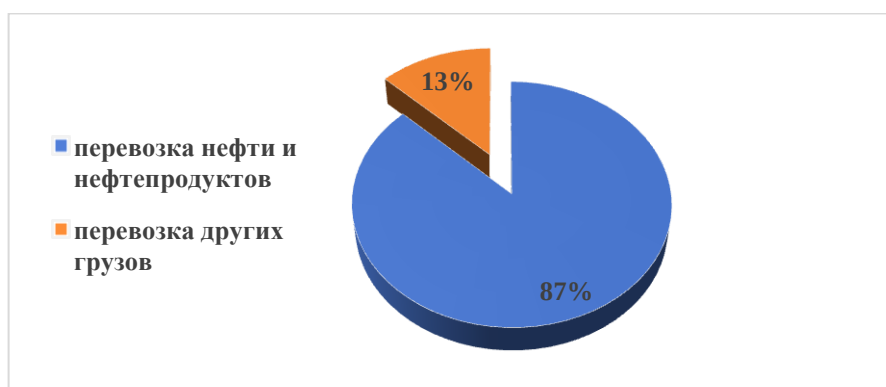


Рисунок 1.2 – Распределение типов перевозимых опасных грузов [23]

В современных условиях наблюдается постоянный рост объема и усложнение задач, связанных с транспортировкой опасных веществ [13, 45, 65, 81, 84, 106, 107]. Значительную часть таких перевозок составляют автомобильные маршруты, как в пределах одной страны, так и в международных сообщениях [29, 64, 86]. Это обусловлено рядом преимуществ, включая высокую степень маневренности, гибкость в логистике и возможность доставки грузов непосредственно от места производства к конечному получателю [164, 196]. Благодаря этим факторам автотранспорт часто рассматривается как более удобный и эффективный способ перевозки по сравнению с железнодорожным или водным транспортом. Автомобильный транспорт является основным видом транспорта для перевозки ОГ в городских агломерациях. Т.к. сами ОГ, как правило, обладают огнеопасными, взрывоопасными, токсичными и другими опасными свойствами, фактор риска при автомобильных перевозках ОГ высок, а опасность в случае транспортного происшествия чрезвычайно велика. Исходя из исследования в Китае на автомобильные перевозки ОГ приходится приблизительно 70,6 % (Рисунок 1.3), тогда как в РФ этот показатель составляет около 65 % [116, 193].



Рисунок 1.3 – Общий объем и виды перевозок опасных грузов в Китае, 2014–2023 г. [составлено автором]

По данным Федеральной службы государственной статистики¹ за 2022–2023 гг., объем автомобильных грузоперевозок в РФ вырос с 4,68 млн до 6,49 млн тонн. При этом доля опасных грузов составляет 35–39% от общего объема и демонстрирует устойчивую тенденцию к росту. Согласно статистике Госавтодорнадзора², в 2023 году выдал 45 324 спецразрешений на такие перевозки, что на 8% превышает показатели предыдущего года.

Нормативную базу контроля в данной сфере составляет Постановление Правительства РФ № 1051 от 29.06.2021, утверждающее положения о федеральном надзоре в области транспортной безопасности, которыми установлена особая форма надзорных мероприятий – систематические рейдовые проверки [26]. Согласно данным Северо–Западного межрегионального управления Ространснадзора, за трехлетний период в результате таких проверок было выявлено значительное количество нарушений при перевозке опасных грузов автотранспортом [26, 43, 95]. Совокупная сумма наложенных штрафных санкций отражена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Размеры штрафов, выписанных МТУ Ространснадзора по СЗФО [26]

Период	2021	2022	2023
Вынесено постановлений, ед.	9862	10056	10686
Сумма поступивших средств за период по КПС 11601121010004140, руб.	113 430 599, 91	126 846 589,12	130 185 590,33

Несмотря на усиление контроля через механизмы ФЗ–248 и ПП №1051, предусматривающие постоянные рейды, в Северо-Западном федеральном округе зафиксировано 10 686 нарушений, связанных с отсутствием или подделкой свидетельств ДОПОГ. Сумма наложенных штрафов достигла 130,2 млн рублей, при этом их количество продолжает увеличиваться, создавая риски для экологии и населения [36, 106]. Помимо выявленных нарушений, существуют те транспортные средства, которые не были остановлены, так как проверка транспортных средств производится случайным образом, либо по жалобам граждан, поступающим через платформу обратной «Госуслуги Решаем вместе». Помимо этого, если с патрулем нет экипажа ГИБДД, ТС могут проехать без остановки, уклонившись от контрольных мероприятий. Все эти факты указывают на то, что существующие схемы контроля опасных грузов транспортными средствами не систематичны и неэффективны [76, 77].

Опасные грузы обладают опасными свойствами, такими как взрывоопасность, воспламеняемость, отравление, инфекция, коррозия, радиоактивность и т. д. Перевозка этих грузов сопровождается угрозами для людей, инфраструктуры, и окружающей среды [65, 107, 186], и инциденты (аварии) с опасными грузами обычно причиняют серьезный

¹ Перевозки грузов по видам транспорта. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 28.12.2024)

² Итоги работы Госавтодорнадзора за 2023 год. URL: <https://rostransnazor.gov.ru/documents/4786> (дата обращения: 20.09.2024)

социально–экономический и экологический ущерб (Рисунок 1.4). Согласно данным PHMSA³, автомобильный транспорт считается наиболее рискованным способом перевозки опасных веществ [6, 137]. Это связано с тем, что количество аварий, инцидентов и ущерб при использовании данного вида транспорта значительно превосходит аналогичные показатели, зафиксированные при применении других видов транспортных средств (Таблица 1.2, 1.3).



Рисунок 1.4 – Последствия аварий и инцидентов с опасными грузами [18, 160]

Таблице 1.2 – Число аварий и инцидентов с опасным грузом по видам транспорта США (2015–2020 г.) [составлено автором]

Вид транспорта	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Общий итог
Воздушный	1130	1204	1166	1433	1668	1421	8022
Автомобильный	15130	16527	15746	17928	20661	13992	99984
Железнодорожный	581	545	573	507	421	374	3001
Водный	24	11	9	9	6	2	61

Таблице 1.3 – Экономический ущерб от аварий с опасным грузом по видам транспорта США (2015–2020 г.) [составлено автором]

Вид транспорта	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Общий итог
Воздушный	46971	1929865	27446	75099	64891	6000	2150272
Автомобильный	6222776 6	5017890 6	4362871 4	9213419 3	7455038 6	2634483 2	34906479 7
Железнодорожны й	4608600 6	2738786 2	2061200 6	2220003 3	1743306 1	2794547 0	16166443 8
Водный	3427	53211	5497886	32500	15100	1750	5603874

Уровень аварийности на российском транспорте по–прежнему остаётся высоким, что подчёркивает важность всестороннего анализа вопросов безопасности при перевозке опасных грузов. Одним из основных инструментов повышения эффективности управления в данной

³ Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. <https://www.phmsa.dot.gov/>

области являются статистические сведения [48, 65, 78, 204]. Тем не менее, в РФ отсутствует единая централизованная система регистрации происшествий, связанных с транспортировкой ОГ автотранспортом. Это противоречит требованиям Европейского соглашения ДОПОГ, в соответствии с которым все подобные инциденты подлежат обязательному учёту. Структура которого неоднократно корректировалась в целях гармонизации регулирования автомобильных перевозок ОГ в разных странах, так что законодательство разных стран может легко опираться на ДОПОГ и даже прямо цитироваться в качестве национального регулирования. Однако из-за неравномерного распределения источников производства ОГ и пунктов назначения транспортных поставок сложно контролировать перевозочный процесс; с другой стороны, участников автомобильных перевозок ОГ много, а единой платформы и специального органа для координации и управления деятельностью по перевозке ОГ не существует [2]. Недостаток структурированных статистических данных затрудняет формирование эффективных превентивных мер и тормозит улучшение показателей безопасности перевозок. Кроме того, исходя из исследования установлено, что в настоящее время механизмы, обеспечивающие связь между участниками перевозки опасных грузов, не реализованы; недостаточное использование современных инструментов, обеспечивающих мониторинг перевозочного процесса доставки ОГ; отсутствие устойчивой и безопасной информационно–телекоммуникационной инфраструктуры (ИТИ) передачи, обработки и хранения данных о перевозке ОГ [202, 204-207].

1.2 Характеристика и особенности факторов, влияющих на безопасность доставки и эффективность перевозочного процесса опасных грузов

Система доставки опасных материалов транспортными средствами представляет собой многокомпонентный динамический комплекс, интегрирующий человеческие ресурсы, подвижной состав, дорожную инфраструктуру, экологические параметры и перевозимые объекты. При организации грузоперевозок особой категории, в том числе опасных грузов, требуется многоаспектный анализ эксплуатационных условий и влияющих факторов на безопасность и эффективность перевозочного процесса доставки ОГ [19, 44, 53, 65, 106, 147, 186]:

1. Расстояние перевозки.
2. Скорость движения транспортных средств.
3. Состояние опасных грузов и транспортных средств.
4. Сезонные и временные ограничения дорожного движения
5. Сроки получения специального разрешения.
6. Опыт вождения водителя.
7. Характеристики дорожных условий.

8. Время, затрачиваемое на проведение мероприятий по управлению (оперативность управления).

9. Влияние погодных условий.

Кроме того, степень автоматизации транспортных средств и информатизации инфраструктуры являются важными влияющими факторами на безопасности и эффективности перевозочного процесса опасных грузов.

В данном исследовании целесообразно сосредоточиться исключительно на тех аспектах, которые оказывают существенное влияние на транспортировку ОГ и имеют непосредственное отношение к анализу взаимосвязей между следующими ключевыми параметрами [81, 84, 160]:

1. Текущее состояние перевозимого опасного груза.
2. Производительность процесса его транспортировки.
3. Результативность системы контроля за перевозкой.
4. Уровень безопасности при осуществлении доставки.

Управление процессом перевозки этих грузов требует учета как организационных, так и технических аспектов, направленных на минимизацию рисков и обеспечение соответствия нормативным требованиям. Организация перевозок ОГ требует тщательного планирования маршрутов и учета ряда особенностей [81, 114]:

– минимизация времени доставки: перевозчики стремятся сократить время нахождения опасного груза в пути, поскольку длительность перевозки прямо влияет на вероятность возникновения инцидентов. Согласно статистике Минтранса РФ, в 2022 году 65% аварий с участием ОГ происходили из-за длительных стоянок в неподходящих местах.

– избежание остановок транспорт: водители должны по возможности избегать незапланированных остановок, особенно вблизи населенных пунктов. Это минимизирует риски взаимодействия опасного груза с окружающей средой.

Чем больше расстояние, скорость и время в пути, тем выше риск аварийных ситуаций [65]. Ограничение скорости движения автотранспортных средств при перевозке опасных грузов устанавливается ГИБДД МВД России с учетом конкретных дорожных условий при согласовании маршрута перевозки. Если согласование маршрута с органами ГИБДД МВД России не требуется, то скорость движения устанавливается согласно Правилам дорожного движения и должна обеспечивать безопасность движения и сохранность груза [77].

Техническая исправность транспортных средств, перевозящих ОГ, является критическим фактором [61]. Использование специализированного оборудования для контроля параметров груза, таких как температура или давление, позволяет снизить риск инцидентов. Согласно исследованию РАНХиГС, использование систем контроля состояния груза снижает риск аварий на 30%. Весной и летом в ряде регионов России вводятся ограничения на движение грузового

транспорта для сохранения дорожного покрытия. Некоторые дороги и участки (например, тоннели или мосты) запрещены для перевозки ОГ.

Процесс оформления специального разрешения на движение по автомобильным дорогам может занимать до 7–10 дней, что увеличивает время доставки. Отсутствие автоматизации проверок документов и разрешений приводит к длительным простоям на контрольных пунктах. В среднем проверка документов занимает 30–60 минут.

Качество дорожного покрытия влияет на возможность безопасной транспортировки. Наличие специальных полос для движения грузовиков и автоматизированных систем управления потоками помогает снизить риски [133, 134].

Погодные условия, такие как снегопады, дождь, гололед, напрямую влияют на скорость движения и маневренность ТС. По данным Гидрометцентра, неблагоприятные погодные условия являются причиной около 20% аварий на дорогах России.

Особенности транспортировки опасных грузов отражены в следующем:

Транспортные средства с ОГ являются мобильными источниками повышенной опасности. Это требует: применения технологий управления движением, включая автоматизированное управление транспортными потоками на перекрестках и аварийных участках; приоритетного обслуживания таких ТС, чтобы минимизировать задержки. Современные телематические технологии позволяют отслеживать местоположение транспорта в режиме реального времени и контролировать параметры груза. Низкий уровень квалификации водителей или усталость являются частыми причинами аварий. Обучение водителей и внедрение системы контроля состояния водителя (например, с использованием датчиков усталости) помогают снизить риски.

Применение автоматизированных систем регулирования на дорогах с большой пропускной способностью снижают время доставки грузов на 15–20%. Таким образом, существует основания полагать, что внедрение интеллектуальных интеграционных технологий в организацию и управление доставкой опасных грузов транспортными средствами и создание ТАИУС ДОГ ТС способно улучшить транспортно-эксплуатационные показатели (ТЭП) дороги общего использования (пропускная способность) за счет повышения оперативности управления, что позволит достичь цели обеспечения безопасности и повышения эффективности доставки ОГ.

Характеристика и особенности факторов, влияющих на перевозку опасных грузов, свидетельствуют о необходимости комплексного подхода (организованный и с научным потенциалом) к организации данного процесса. Это включает оптимизацию маршрутов, внедрение современных технологий, улучшение дорожной инфраструктуры и автоматизацию административных процессов. Данные меры позволят повысить безопасность перевозок и снизить риски для окружающей среды, экономики и населения.

1.3 Анализ нормативно-регулирующих актов перевозочного процесса опасных грузов

Система безопасности при перевозке опасных грузов автотранспортом включает в себя ряд государственных контролирующих структур (Рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Система мер регулирования деятельности по перевозке опасных грузов автомобильным транспортом в РФ [составлено автором]

Перевозка ОГ в РФ строго регулируется комплексом международных, федеральных и отраслевых нормативных актов:

1. Основным нормативным актом, регламентирующим транспортировку опасных веществ автотранспортом на территории Российской Федерации, является Постановление Правительства № 272 от 15 апреля 2011 года.

2. ДОПОГ регулирует классификацию ОГ по классу опасности (Таблица 1.4); требования к упаковке, маркировке, документации; порядок подготовки и сертификации водителей и ТС. Документ ДОПОГ применяется при международных перевозках и выступает основой для разработки национальных стандартов [25, 111, 154].

3. Федеральный закон от 14.02.2009 №22–ФЗ «О навигационной деятельности» устанавливает правовые основы этой деятельности в РФ. В частности, закон касается перевозки опасных грузов. С целью повышения эффективности управления движением транспортных средств, уровня безопасности перевозок пассажиров, специальных и опасных грузов.

4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колёсных транспортных средств» предъявляет дополнительные требования к конструкции спецтранспорта, включая обязательную интеграцию систем спутниковой навигации.

Таблица 1.4 – Классификация опасных грузов по ДОПОГ [составлено автором]

Класс опасности	Вещества и изделия, входящие в класс опасности
Класс 1 Взрывчатые вещества и изделия	Сюда относятся взрывчатые материалы, которые по своим свойствам могут взрываться, вызывать пожар со взрывчатым действием, а также устройства, содержащие взрывчатые вещества и средства взрыва, предназначенные для производства пиротехнического эффекта.
Класс 2 Газы	В эту группу входят газы сжатые, сжиженные охлаждением и растворённые под давлением, отвечающие хотя бы одному из следующих условий: – абсолютное давление паров при температуре 50°C равно или выше 300 кПа; – критическая температура ниже 50°C; – сжатые, критическая температура которых ниже – 10°C; сжиженные, критическая температура которых равна или выше – 10°C, но ниже 70°C; – сжиженные, критическая температура которых равна или выше 70°C; – растворённые под давлением; – сжиженные переохлаждением; – аэрозоли и сжатые газы, попадающие под действие специальных предписаний.
Класс 3 Легковоспламеняющиеся жидкости	Сюда входят легковоспламеняющиеся жидкости, смеси жидкостей, а также жидкости, содержащие твердые вещества в растворе или суспензии, которые выделяют легковоспламеняющиеся пары, имеющие температуру вспышки в закрытом тигле 60°C и ниже.
Класс 4 Легковоспламеняющиеся твердые вещества, самореактивные вещества, полимеризующиеся вещества и твердые десенсибилизированные взрывчатые вещества	В эту группу входят легковоспламеняющиеся вещества и материалы (кроме классифицированных как взрывчатые), способные во время перевозки легко загораться от внешних источников воспламенения, в результате трения, поглощения влаги, самопроизвольных химических превращений, а также при нагревании
Класс 5 Окисляющие вещества	К этой группе относятся входят окисляющие вещества и органические пероксиды, которые способны легко выделять кислород, поддерживать горение, а также могут, в соответствующих условиях или в смеси с другими веществами, вызвать самовоспламенение и взрыв
Класс 6 Ядовитые и инфекционные вещества	В эту группу входят ядовитые и инфекционные вещества, способные вызывать смерть, отравление или заболевание при попадании внутрь организма или при соприкосновении с кожей и слизистой оболочкой.
Класс 7 Радиоактивные материалы	В эту группу входят радиоактивные вещества с удельной активностью более 70 кБк/кг. Главная опасность – сильное радиоактивное излучение.

Продолжение таблицы 1.4

Класс 8 Коррозионные вещества	К этой группе относятся едкие и коррозионные вещества, которые вызывают повреждение кожи, поражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, коррозию металлов и повреждения транспортных средств, сооружений или грузов, а также могут вызывать пожар при взаимодействии с органическими материалами или некоторыми химическими веществами.
Класс 9 Прочие опасные вещества и изделия	В эту группу входят вещества с относительно низкой опасностью при транспортировании, не отнесенные ни к одному из предыдущих классов, но требующие применения к ним определенных правил перевозки и хранения.

Перевозка опасных грузов является важной составляющей логистической цепочки, требующей особого внимания как со стороны бизнеса, так и с точки зрения государственных органов [74]. Данная область регулируется множеством стандартов и норм, направленных на минимизацию рисков при транспортировке. Расширенный список документов по каждой группе сведен в схему, представленную на рисунке 1.6 [93].

Оперативное информирование населения и служб РСЧС играет ключевую роль в снижении человеческих потерь и материального ущерба при ликвидации ЧС [29–31]. Своевременный обмен данными позволяет повысить эффективность управленческих решений и координации аварийно–спасательных операций.

Требования, согласно ФЗ №22 от 14.02.2009 конкретизированы в Постановлении Правительства №153 от 13.02.2018, которое регламентирует оснащение ТС категорий М2, М3 и N специализированной аппаратурой спутникового слежения [75]. Данные меры направлены на создание единого информационного пространства для мониторинга потенциально опасных перевозок и оперативного реагирования в ЧС. Однако стоит отметить, что с 1 января 2021 года данное постановление утратило силу на основании постановления Правительства Российской Федерации от 26 октября 2020 года №1742. Это может свидетельствовать о том, что нормы данного постановления либо: были интегрированы в другие действующие нормативные акты; перестали быть актуальными ввиду появления новых технологий или изменения подходов к регулированию.

Причины отмены постановления №153 могут быть следующими:

Постановление 2018 года было разработано в рамках ускоренного внедрения систем ГЛОНАСС/GPS, но к 2021 году эти технологии стали стандартом, и многие требования были включены в новые законодательные акты. Например, нормы об обязательном использовании ГЛОНАСС теперь регулируются более современными и комплексными постановлениями, учитывающими изменения в транспортной отрасли и развитии телематических технологий.

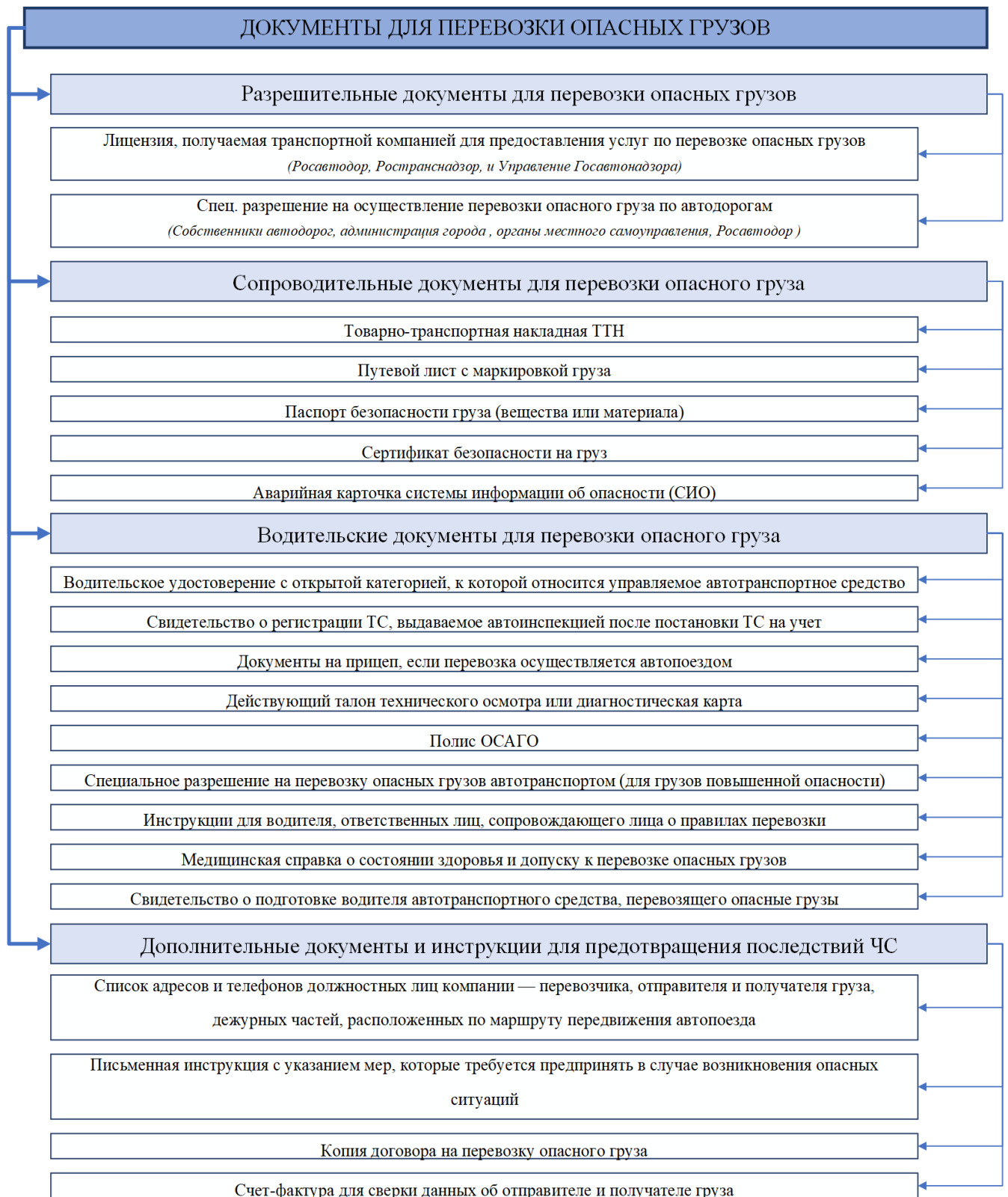


Рисунок 1.6 – Список документов, необходимых для перевозки опасных грузов [93]

Постановление №153, сосредоточенное только на ГЛОНАСС, требовало обновления для соответствия международным требованиям (например, ADR), где используются гибкие стандарты, допускающие интеграцию с другими системами спутниковой навигации (GPS, Galileo и Beidou) [58, 69, 136].

К 2021 году транспортная отрасль России значительно продвинулась в использовании телематических систем. Устаревшие нормы постановления могли не учитывать новые технологии, такие как:

- автоматизированный мониторинг транспорта;
- интеграция навигационных систем с системами безопасности и контроля.

Новые акты предоставляют более широкий и универсальный подход. Постановление №153 вводило обязательства по оснащению системами ГЛОНАСС для всех транспортных средств категорий N, M2 и M3, перевозящих опасные грузы [79]. Это могло быть избыточным для некоторых типов перевозок. Упрощение регулирования помогает снизить затраты компаний на соблюдение нормативов.

В 2020 году в России активно применялась практика пересмотра и отмены устаревших или избыточных нормативных актов в рамках реформы "регуляторной гильотины". Отмена постановления №153 может быть связана с этой инициативой.

После отмены постановления №153 регулирование перевозки опасных грузов и оснащения транспортных средств системами спутниковой навигации продолжает действовать, но уже на основании других документов, таких как: Федеральный закон "О навигационной деятельности" и Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 018/2011). Кроме того, административные регламенты МВД и Минтранса РФ регулируют порядок проверки и контроля транспортных средств, включая оснащение системами мониторинга.

Таким образом, основными причинами отмены являются актуализация законодательства, развитие технологий, упрощение регулирования и устранение избыточных нормативов. Отмена постановления №153 не означает отказ от требований оснащения транспортных средств системами ГЛОНАСС. Напротив, это свидетельствует о переходе к более современному и интегрированному регулированию, направленному на повышение безопасности перевозок ОГ и гармонизацию с международными стандартами.

1.4 Состояние и перспективы внедрения информационно-телематических технологий в организацию и управление доставкой опасных грузов транспортными средствами

Помимо нормативно-правовых регулирований, теоретические аспекты обеспечения перевозочного процесса заключаются в изучении различных моделей и методов, направленных на оптимизацию перевозочного процесса, контроль и мониторинг на всех этапах. Большое количество работ в области логистики опасных грузов подчеркивает необходимость применения классификации в соответствии с основным исследовательским вкладом каждой работы. В наиболее заметной литературе, опубликованной в 2019 году, автор представляет структурированный обзор литературы по вопросам транспортировки опасных материалов

(опасных грузов) за последние 45 лет. Также приводится подробный анализ вопросов маршрутизации транспортных средств, перевозящие опасные грузы. В работе [138] автор предлагает классификацию для различных аспектов проблем маршрутизации опасных грузов: (1) «Оценка рисков и управление рисками», (2) «Маршрутизация», (3) «Комбинированное расположение объектов и маршрутизация», (4) «Проектирование сети», (5) «Политика установления платы за проезд».

Оценка рисков и управление рисками. Риск – это вероятность того, что вредное событие произойдет в определенный промежуток времени и при определенных условиях [198]. В математическом смысле риск (R) – это функция вероятности возникновения и величины, то есть серьезности вредного события. Наиболее распространенной функцией риска при перевозке опасных грузов является так называемая «традиционная модель риска», определяемая следующим уравнением (1.1) [3]:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i * C_{s_i}, \quad (1.1)$$

где P_i – вероятность события выброса (или аварии) на участке « i » определенного пути, а C_{s_i} – мера последствий события выброса на том же участке, которая может быть выражена как количество пострадавших (проживающих) людей в пределах определенного расстояния (например, 1 км) от места происшествия.

Оценка рисков — это основополагающий этап в обеспечении безопасности [150-155]. Необходимы методы идентификации потенциальных угроз и оценки их воздействия на людей и окружающую среду. Для проведения оценки риска необходимо собрать все данные, относящиеся к соответствующей территории. Данные о географии района и дорожной сети хранятся в ГИС [11, 59]. Чтобы правильно рассчитать риск, необходимо учесть климатические и погодные условия, а также информацию о наличии или отсутствии людей в пострадавшем районе. В работе [115] приведена модель для выполнения расчетов риска, перечислены и описаны различные системы поддержки принятия решений для оценки риска и их применение при перевозке опасных грузов. Теоретические модели управления рисками включают идентификацию потенциальных опасностей, оценку вероятности и последствий инцидентов, а также разработку мер по снижению рисков. Методики выявления рисков при транспортировке и стратегии их минимизации являются ключевыми элементами в обеспечении безопасности перевозок.

Моделирование перевозочного процесса. Использование математических моделей и информационных систем позволяет оптимизировать маршруты, прогнозировать возможные риски и разрабатывать эффективные стратегии реагирования на ЧС [42]. Функциональные модели процессов перевозки и математическое моделирование для предотвращения инцидентов являются важными инструментами в теоретическом анализе.

Маршрутизация опасных грузов подразумевает выбор оптимальных маршрутов для их перевозки. Основные факторы включают:

- запретные зоны: учет территорий с высоким уровнем населения или важными экологическими объектами.
- условия дороги: оценка состояния дороги и наличие необходимых инфраструктурных объектов, таких как парковки и погрузочные зоны.
- временные ограничения: учет временных ограничений для движения грузовиков, содержащих опасные грузы.

Комбинированное расположение объектов и маршрутизация включает: выбор мест для хранения, учитывающий близость к основным маршрутам; оценка затрат на транспортировку относительно выбранного расположения объектов; учет существующей транспортной инфраструктуры при расположении объектов [55, 64, 65].

Проектирование сети для транспортировки опасных грузов включает в себя: проектирование новых дорог и переездов, способствующих безопасной транспортировке; использование современных информационных технологий для мониторинга и управления грузоперевозками; оценка способности транспортной сети адаптироваться к изменениям и кризисным ситуациям [76, 85].

Политика установления платы за проезд может включать следующие аспекты:

- дифференциация тарифов: установление различных тарифов в зависимости от класса опасности груза.
- стимулы для безопасных перевозок: предоставление скидок или тарифных льгот для транспортных компаний, соответствующих требованиям безопасности.
- регулирование затрат на инфраструктуру: учет износа и повреждений дорожного покрытия от перевозки тяжелых и опасных грузов при формировании тарифов.

Внедрение системного подхода в управление перевозками позволяет интегрировать все участки: от планирования до исполнения, что способствует более эффективному антиаварийному управлению и использованию ресурсов. Теоретические исследования подчеркивают важность системного подхода к обеспечению безопасности перевозок. Это включает анализ логистических процессов, рисков и последствий аварийных ситуаций. Практика показывает, что оптимизация маршрутов и минимизация времени остановки транспортных средств, перевозящих опасные грузы (ТС ПОГ) является важным условием снижения рисков.

Значительная часть дорожно–транспортных происшествий обусловлена несоблюдением установленных ограничений скорости. Кинетическая энергия транспортного средства, определяемая его скоростью в момент столкновения, является ключевым фактором тяжести последствий ДТП. Научные исследования демонстрируют прямую корреляцию между

динамическими параметрами удара и характером травм, получаемых участниками дорожного движения. В ходе исследований учеными была выявлена зависимость между скоростью столкновения и серьезностью травм, наносимых пешеходам (Рисунок 1.7): при скорости транспортного средства от 50 км/ч вероятность фатального исхода для пешеходов превышает четыре случая из пяти, тогда как достижение отметки 60 км/ч делает столкновение практически несовместимым с жизнью [14].

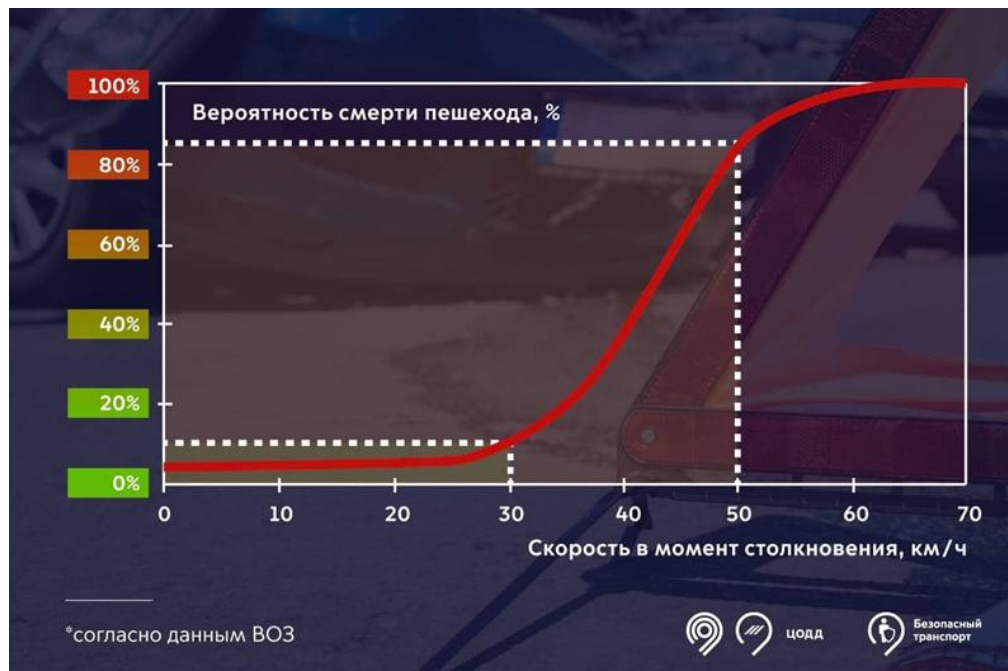


Рисунок 1.7 – Зависимость скорости в момент столкновения и вероятности выжить в аварии [14]

Крупный взрыв цистерны со сжиженным углеводородным газом на участке Вэньлин на Шэньхайском скоростном шоссе Китая 13 июня 2020г [140]. В результате этого происшествия погибли 20 человек, 175 получили ранения (24 из них – тяжелые), а прямой экономический ущерб составил 94 778 100 юаней. Эта была самая серьезная за последние 20 лет авария автоцистерны с сжиженным углеводородным газом во время транспортировки. Установлена причина аварии, что водитель автоцистерны, управляя транспортным средством со скоростного ограничения 60 км/ч на участке дороги до скоростного ограничения 30 км/ч на изогнутом участке дороги, не принял своевременных мер по замедлению (превышение скорости), что привело к опрокидыванию транспортного средства, столкновению передней части корпуса цистерны и конца бетонного ограждения трансграничного моста, образовался разрыв, в результате удара и давления в цистерне под действием быстрого разрыва, дезинтеграции, из корпуса цистерны быстро вытек сжиженный нефтяной газ, испарение, диффузия, столкновение с проезжающими автомобилями для создания искровой дефлаграции и, наконец, взрыва облака пара.

Снижение скорости движения транспортных средств уменьшает риск и тяжесть ДТП. Применение автоматизированных средств контроля движением ТС, таких как автоматические камеры контроля скорости, является одним из основных методов решения проблемы превышения скорости и других нарушений правил дорожного движения [17, 95]. В исследовании [121] авторы использовали МЕТА–анализ, чтобы оценить 15–20% снижение количества ДТП при использовании автоматических камер, а в исследовании Thomas и др. [116] также сделан вывод о 20–25% снижении количества ДТП с травмами на участках дорог, где были установлены камеры. Обычные радарные измерители скорости можно разделить на стационарные и передвижные. Erke и др. сообщили о 35% снижении числа ДТП с травмами на участках дорог со стационарными камерами контроля скорости и лишь о 14% снижении числа ДТП с травмами на участках дорог, где контроль скорости осуществлялся передвижными камерами, что, по–видимому, означает, что стационарные приборы контроля скорости более эффективны, чем передвижные. Ограничитель скорости транспортного средства (Vehicle Speed Limiter, VSL) – это устройство, которое ограничивает максимальную скорость транспортного средства с помощью электронных или механических средств, и широко используется при перевозке опасных грузов (например, автоцистерн, грузовиков с химикатами и т.д.) с целью снижения риска ДТП, вызванных превышением скорости. В исследовании [120] авторы предлагают новый метод контроля ограничения скорости транспортного средства (Рисунок 1.8). Предлагаемая система ограничения скорости автомобиля состоит из передатчика и приемника. Передатчик устанавливается на улице и непрерывно передает управляющие данные. Эти данные будут приниматься приемником, установленным на каждом автомобиле, движущемся в зоне действия передатчика. Получив контрольные данные, приемник установит ограничение скорости для автомобиля, чтобы предотвратить превышение скорости. Предлагаемый проект обеспечивает связь между транспортными средствами и дорожными знаками.

Обеспечение связи между дорожными знаками и транспортными средствами используется для передачи важной информации для регулирования дорожного движения. Это могут быть сообщения об ограничении скорости на дорогах, погодных условиях, местах скопления транспорта и предупреждающие сообщения в случае ЧС [38, 117, 201].

Практические аспекты включает комплекс операций по обеспечению безопасной транспортировки, возлагаемые на субъекты транспортного процесса обязательства по работе с опасными материалами, регламентируемые действующими отраслевыми стандартами и законодательными актами [121]. Основные аспекты обеспечения безопасности процесса перевозки ОГ включают в себя следующие:

1. Обучение персонала: Водители и прочие сотрудники, задействованные в процессе транспортировки опасных веществ, обязаны проходить специализированное обучение. Оно

охватывает знания о классификации опасных грузов, требованиях к их перевозке, а также действиях при возникновении ЧС [90].

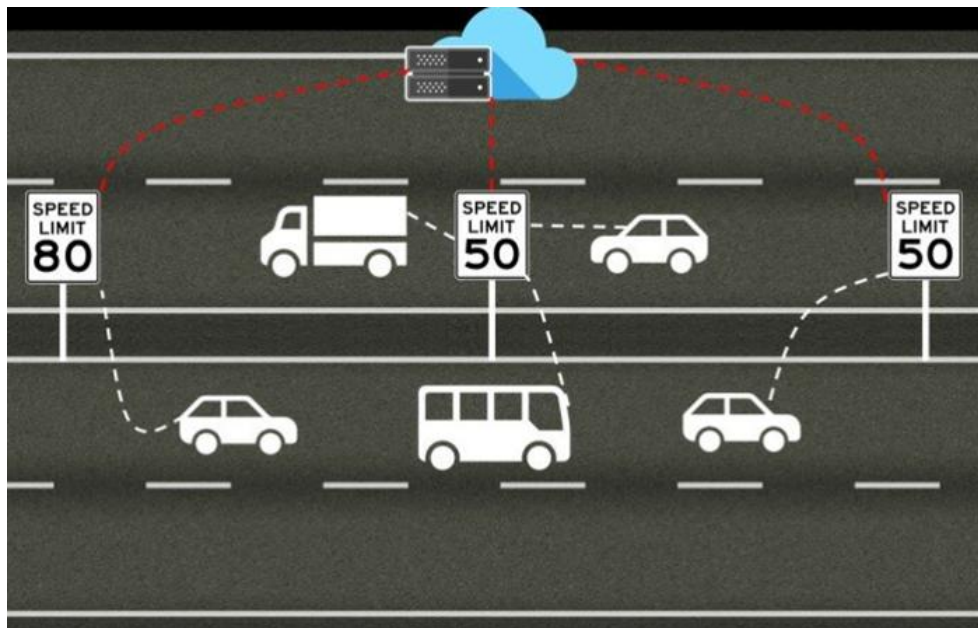


Рисунок 1.8 – Рабочая схема системы ограничения скорости ТС [109]

2. Контроль состояние ОГ и ТС: Контроль параметров состояния ОГ является ключевой элемент обеспечения безопасности при их транспортировке и хранении [34, 55, 56, 79]. Особенно это касается грузов класса III (легковоспламеняющиеся жидкости), таких как бензин, спирты, растворители и ацетон. Эти вещества крайне чувствительны к внешним условиям: даже незначительное отклонение температуры, давления или влажности может спровоцировать утечку, испарение или воспламенение. Повышение температуры выше допустимой нормы увеличивает давление внутри тары, что грозит разрывом ёмкостей, а накопление паров из-за недостаточной вентиляции создаёт риск взрыва. Транспортировка должна осуществляться при температурах, не превышающих точку вспышки конкретного вещества (например, для бензина не выше -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$). Упаковка должна быть герметичной, чтобы исключить контакт с влагой, которая может вызвать коррозию тары или химические реакции. Резервуары должны выдерживать внутреннее давление, возникающее при испарении жидкости. ДОПОГ требуют не только соблюдения температурно-влажностных условий, но и использования специализированного оборудования (Рисунок 1.9). Транспортные средства, используемые для перевозки ОГ, должны соответствовать строгим техническим требованиям, включая наличие специального оборудования, регулярное техническое обслуживание и проверки.

3. Документация и маркировка: Каждый опасный груз должен сопровождаться соответствующей документацией, включая информацию о классе опасности, инструкции по

обращению и меры предосторожности. Правильная маркировка и этикетирование упаковок и транспортных средств являются обязательными для информирования о характере груза и необходимых мерах безопасности.



Рисунок 1.9 – Транспортное средство, оснащенных специальным оборудованием по перевозке опасных грузов [45]

4. Планирование маршрута: Выбор оптимального маршрута с учетом минимизации рисков для населения и окружающей среды, а также наличия необходимых инфраструктурных объектов (например, мест для стоянки, оборудованных для ОГ) является важным практическим аспектом.

5. Аварийное реагирование: Разработка и внедрение планов действий в чрезвычайных ситуациях, включая обучение персонала и оснащение транспортных средств необходимыми средствами для ликвидации последствий аварий, являются критически важными для снижения последствий возможных инцидентов.

Управление перевозочным процессом доставки ОГ в основном включает в себя планирование, контроль, регулирование и формирование отчетов. Формирована функциональная схема системы диспетчерского управления перевозками ОГ (Рисунок 1.10).

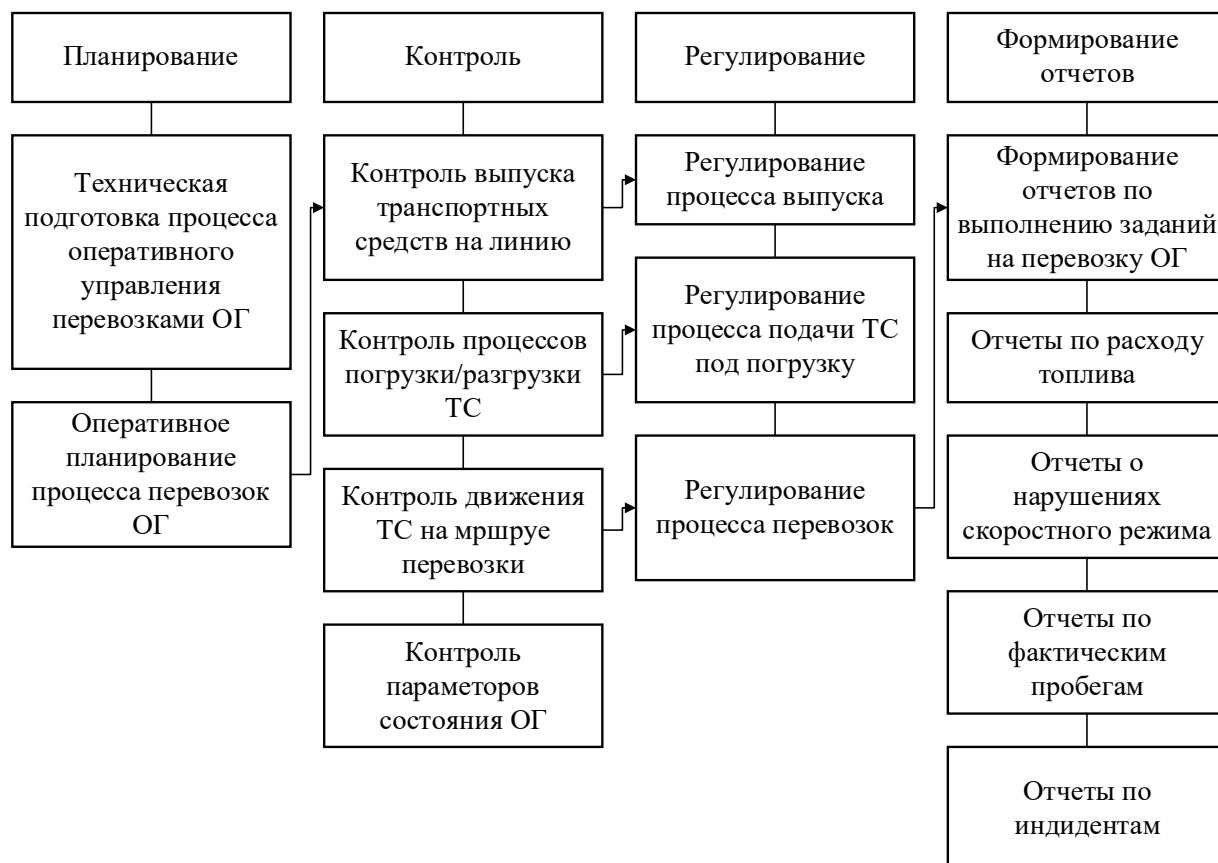


Рисунок 1.10 – Функциональная схема системы диспетчерского управления перевозками опасных грузов [составлено автором]

Организация перевозок ОГ представляет собой сложный многоуровневый процесс, требующий координации различных ведомств. В него вовлечены:

- службы производственного надзора;
- подразделения, регулирующие транспортные потоки;
- экстренные оперативные службы (при возникновении аварийных ситуаций).

В таблице 1.5 систематизированы:

- основные субъекты транспортного процесса;
- их функциональные обязанности;
- требования к информационным управляющим системам.

Для обеспечения безопасной и продуктивной логистики опасных материалов необходим синтез:

- научно–методической базы;
- практического опыта;
- технологических решений.

Таблица 1.5 – Функции участников деятельности по перевозке опасных грузов и функциональные требования к информационно–управляющей системе [составлено автором]

Участники	Основные функции	Функциональные требования к системе
Территориальный орган Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (РОСТРАНСНАДЗОРА)	Выдача лицензии на перевозку ОГ (или уведомление об отказе в ее выдаче); Выдача свидетельство о подготовке водителей	Размещение и передача информации о статусе утверждения заявок на перевозку ОГ
ГИБДД МВД России	Выдача свидетельство о допуске ТС ПОГ	Информатизированное управление и запрос ТС; Контроль, управление и руководство процессом передвижения ТС ПОГ Получение и передача информация о ДТП при перевозках ОГ
МЧС	Реагирование на чрезвычайные происшествия; принять меры по ликвидации ЧС с ОГ	Координация действий в ЧС; Информация о перевозимых ОГ; Диспетчеризация пожарных и медицинских ресурсов
Производитель ОГ (Грузоотправитель)	Подача заявки на перевозку ОГ	Размещение информации о требованиях к грузоперевозкам;
Автотранспортные предприятия (Грузоперевозчик)	Заявление на получение свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке ОГ и разрешение на перевозку ОГ; Эксплуатация и управление транспортных средств	Получение информации о заказах на перевозку ОГ; Поиск статуса одобрения заявок на получение транспортных лицензий, деклараций персонала и т.д. Мониторинг состояния груза, водителя и ТС ПОГ в режиме реального времени
Грузополучитель	—	Отслеживание движения грузов и контроль параметров состояния

Критически важными аспектами являются:

1. Строгое соответствие законодательным нормам.
2. Постоянное повышение квалификации сотрудников.
3. Техническое обслуживание автопарка.
4. Внедрение цифровых платформ управления.

В современных условиях усиливается внимание к безопасности транспортировки ОГ из-за роста их объемов, повышенных рисков для населения, экологии и инфраструктуры, а также

экономических последствий. Это требует оптимизации сроков выполнения задач, совершенствования надзорных механизмов и внедрения цифровых решений. Основные направления развития вопроса и технические решения в области доставки ОГ транспортными средствами включают несколько аспектов.

Во-первых, развитие технологий мониторинга и отслеживания грузов на основе интеграции телематических технологий в управление перевозками. Современные технологии, включая системы GPS/ГЛОНАСС и телематические платформы, позволяют отслеживать местоположение, состояние транспортных средств и груза в режиме реального времени. Это способствует:

- повышению безопасности за счет постоянного мониторинга;
- сокращению времени реагирования в случае аварийных ситуаций;
- улучшению взаимодействия между участниками перевозочного процесса.

По данным Ространснадзора⁴, на март 2022 года информация о движении более 47 000 транспортных средств, перевозящих пассажиров и опасные грузы, поступает в систему мониторинга. Это позволяет оперативно реагировать на отклонения от маршрута и другие нестандартные ситуации. Внедрение систем дистанционного контроля транспорта при перевозке ОГ способствует повышению безопасности и эффективности перевозок [177–183, 185, 186]. Такие системы позволяют отслеживать местоположение транспортного средства, контролировать параметры груза и обеспечивать своевременное информирование о возможных нарушениях.

Во-вторых, использование интеллектуальных интегрированных технологий, включая интеграцию телематических систем с существующей инфраструктурой (Рисунок 1.11). Внедрение таких решений предполагает создание единой экосистемы, в которую будут интегрированы как элементы автомобильной инфраструктуры, так и транспортные средства [21, 139-141, 144, 162, 163, 208]. Например, в рамках проекта Smart Roads в некоторых странах уже осуществляется интеграция телематических систем с дорожной инфраструктурой [124].

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) представляют собой комплекс информационных и телекоммуникационных технологий, направленных на повышение эффективности и безопасности транспортных процессов [16, 22]. Внедрение ИТС в процесс перевозки ОГ позволяет оптимизировать маршруты, управлять движением транспортных средств и обеспечивать оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации (ЧС).

⁴ АО «ГЛОНАСС» во всех регионах обеспечило передачу данных в Ространснадзор о передвижении пассажирского транспорта и машин, перевозящих опасные грузы. URL: <https://2216.aoglonass.ru/novosti/ao-glonass-vo-vsekh-regionakh-obespechilo-peredachu-dannykh-v-rostransnadzor/> (дата обращения: 09.06.2022)

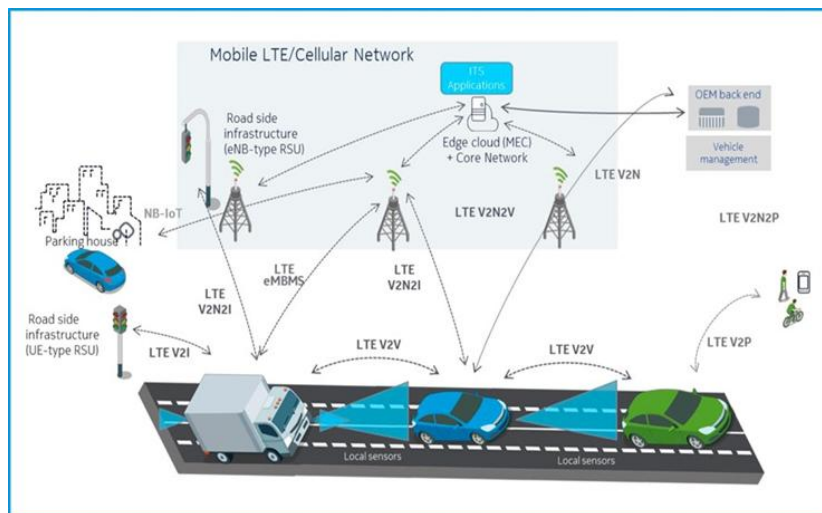


Рисунок 1.11 – Принцип внедрение интеллектуальных интегрированных технологий [153]

По данным исследований, использование ИТС способствует снижению количества аварийных ситуаций и повышению общей безопасности на дорогах. Одним из примеров является система «ЭРА–ГЛОНАСС» [67], предназначенная для экстренного реагирования при авариях. Создание и запуск этой системы в 2014 году стали значимым шагом в развитии телематических технологий в России. Система обеспечивает автоматическую передачу информации о ДТП в экстренные службы, что позволяет сократить время реагирования и повысить шансы на спасение пострадавших. На рисунке 1.12 показан принцип работы системы ЭРА–ГЛОНАСС [110].



Рисунок 1.12 – Принцип работы система «ЭРА–ГЛОНАСС» [101]

Третьим направлением является проведение анализов и оценок рисков [123, 127–132]. Для обеспечения эффективного управления процессом перевозки ОГ необходимо систематически

проводить комплексную оценку рисков, связанных с конкретными маршрутами, условиями их прохождения, техническим состоянием транспортных средств, а также факторами внешней среды. Такой подход позволяет своевременно выявлять потенциальные угрозы, разрабатывать превентивные меры и повышать общую безопасность транспортировки. Управление рисками включает в себя: прогнозирование аварийных ситуаций на основе анализа данных; разработку планов эвакуации и реагирования на ЧС; обеспечение соответствующего обучения для водителей и операторов.

Применение моделей прогнозирования, основанных на машинном обучении, позволяет заранее выявлять участки маршрута с повышенным риском и принимать превентивные меры.

Четвертым направлением является разработка нормативно–правовой базы и стандартов, которые будут регламентировать использование телематических технологий в процессах перевозки ОГ. По данным Европейской комиссии, только 30% всех регулирующих актов, касающихся перевозки ОГ, учитывают современные технологии и их внедрение. Это создает значительный разрыв между теорией и практикой, который необходимо устранить для повышения уровня безопасности.

Единые требования к транспортировке опасных веществ на международном уровне устанавливаются соглашением ДОПОГ. Этот документ регламентирует: систему классификации опасных материалов; нормы маркировки автотранспорта; стандарты тары и упаковки и т.д.

На национальном уровне в Российской Федерации основными регулирующими документами выступают Федеральный закон № 16–ФЗ "О транспортной безопасности" и положения, регулирующие автомобильные перевозки опасных категорий грузов.

Пятым аспектом является обучение и повышение квалификации персонала. С введением новых технологий профессиональная подготовка кадров выступает критически важным элементом системы безопасности при транспортировке. Оценки показывают, что до 40% всех инцидентов, связанных с транспортировкой ОГ, происходят по вине недостаточной квалификации персонала. Регулярное обучение и повышение квалификации персонала позволяют своевременно обновлять знания о новых технологиях, нормативных требованиях и лучших практиках в области перевозки ОГ. Кроме того, компетентность сотрудников регуляторных органов напрямую влияет на безопасность логистики ОГ. Эти органы отвечают за разработку и внедрение норм и стандартов, контроль за соблюдением законодательства и проведение инспекций. Эффективное взаимодействие между регулирующими органами, транспортными компаниями и другими участниками обеспечивает безопасность и надежность перевозок.

Шестым направлением является экологическая составляющая, которая занимает важное место среди приоритетных направлений. Согласно проведенным исследованиям,

нерациональная организация перевозок опасных веществ способна нанести существенный ущерб природной среде. По данным Агентства по охране окружающей среды США, четверть всех углеродных выбросов в стране генерируется транспортной отраслью, в том числе при транспортировке опасных материалов.

Внедрение современных технологий транспортной логистики, включая: системы спутникового слежения; методы прогнозной аналитики. Это позволяет оптимизировать маршруты доставки, что в конечном итоге приводит к:

- сокращению объема загрязняющих выбросов;
- минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.

Кроме того, перевозка ОГ связана с потенциальными экологическими угрозами, включая утечку химических веществ и загрязнение окружающей среды. Основные направления экологической безопасности включают: использование экологически безопасных материалов для упаковки и транспортировки; переход на транспортные средства с низким уровнем выбросов; разработку программ утилизации и ликвидации последствий аварий.

Седьмым аспектом является разработка интеллектуальных систем на основе искусственного интеллекта (ИИ) и анализа больших данных [18, 20]. В Указе Президента № 490 от 10 октября 2019 года "О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации" [204] обозначены несколько ключевых требований и направлений, касающихся использования систем ИИ в автомобильном транспорте. С помощью современных технологий возможно не только собирать, но и обрабатывать огромное количество информации, что создает условия для более глубокого анализа и предсказания возможных инцидентов. Разработка интеллектуальных систем на основе технологий ИИ и анализа больших данных значительно изменяет подход к перевозке ОГ. Преимущества использования ИИ и больших данных [192–199, 210]:

- улучшение прогнозирования рисков: Анализ больших данных помогает выявлять потенциальные угрозы и риски, связанные с перевозкой ОГ, что позволяет заблаговременно принимать меры.
- оптимизация грузопотока: ИИ может анализировать исторические данные и текущие тенденции, что помогает в планировании и оптимизации маршрутов перевозки, снижая затраты и время доставки.
- мониторинг соблюдения норм: Интеллектуальные системы могут отслеживать соблюдение всех нормативных требований и стандартов при перевозке ОГ, минимизируя риски юридических последствий.
- системы поддержки принятия решений: Используя ИИ и анализ больших данных, компании могут быстрее и более обоснованно принимать решения в различных ситуациях.

Таким образом, создание телематической автоматизированной информационно–управляющей системы доставки ОГ транспортными средствами с целью обеспечения безопасности и повышения эффективности доставки ОГ является перспективным направлением исследований.

1.5 Структуризация исследуемой проблемной ситуации, оценка ее сложности и аспектности, постановка научной задачи и разработка методики проведения исследования

Исходя из исследования, были определены цели и задачи исследования. Целью работы является повышение эффективности системы управления перевозочным процессом и обеспечения безопасности доставки ОГ в транспортно–логистических структурах за счет сформированной локальной ТАИУС ДОГ ТС на основе частных методик и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений по ее построению. Поставлены задачи исследования:

1. Провести анализ состояния вопроса исследования существующих теоретических, практических аспектов обеспечения процесса перевозки ОГ с учетом анализа наиболее значимых факторов, влияющих на этот процесс.

2. Сформировать математическую модель оценки влияния ТАИУС ДОГ ТС на безопасность и эффективность организации перевозки ОГ, позволяющую объективно оценивать многокритериальную структуру требований к ПАС.

3. Разработать методику построения оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса ОГ.

4. Разработать комплексную методику построения ТАИУС ДОГ ТС, с целью определения её структуры, порядка функционирования и организации её построения.

1.6 Выводы по главе 1

1. Наиболее частыми опасными грузами являются нефть и нефтепродукты. Автомобильный транспорт является ведущим и наиболее опасным видом транспорта. Рост объемов и сложности перевозки ОГ, а также серьезные последствия аварий обуславливают необходимость повышения оперативности управления транспортными организациями и надзорными органами для эффективного выполнения задач в минимальные сроки для обеспечения безопасности доставки ОГ. По причине того, что существующий подход к управлению опасными грузами не имеет системного и эффективного характера, необходимо усовершенствовать систему управления перевозочным процессом на основе привлечения научно-технического потенциала для обеспечения безопасности и повышения эффективности доставки ОГ.

2. Определены основные направления развития вопроса исследования: развитие технологий мониторинга и отслеживания грузов на основе интеграции телематических технологий в управление перевозками; использование интеллектуальных интегрированных технологий, включая интеграцию телематических систем с существующей инфраструктурой; проведение анализов и оценок рисков; разработка нормативно–правовой базы и стандартов, которые будут регламентировать использование телематических технологий в процессах перевозки ОГ; обучение и повышение квалификации персонала; уменьшение воздействий на окружающую среду; разработка интеллектуальных интегрированных систем на основе технологий ИИ и анализа больших данных.

3. Установлено, что существующие системы управления не ведут официальную статистику о перевозке ОГ на государственном уровне, что осложняет анализ рисков и разработку превентивных мер, не в полной мере реализованы механизмы, обеспечивающие эффективную деятельность участников перевозки ОГ вследствие недостаточного использования современных инструментов, обеспечивающих мониторинг ОГ и отсутствие информационно–телекоммуникационной инфраструктуры, единой базы данных и элементов информационного взаимодействия участников перевозок, обеспечивающего высокоскоростную передачу, обработку и хранению информационных данных о системе «опасный груз – транспортные средства – дорога (инфраструктура) – управление». Предполагается создание ТАИУС ДОГ ТС. Однако до сих пор не решены научные задачи, связанные с созданием этой системы: нет научно–методического аппарата построения ТАИУС ДОГ ТС; отсутствует обоснование конструктивных, схемных и программных решений по созданию программно–технических комплексов, средств информатизации процесса доставки ОГ; отсутствует комплексная методика построения ТАИУС ДОГ ТС, позволяющая уточнить структуру и порядок организации данной системы на основе оценки эффективности их применения. Исходя из этих, сформированы цель и научная задача, а объект и предмет исследования тоже определены.

ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

2.1 Принципы построения концептуальной архитектуры телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

Аварии с опасными грузами часто приводят к серьезному социально–экономическому и экологическому ущербу. В связи с этим требуется строгий контроль за процессом доставки ОГ транспортными средствами. Проведенное исследование нормативно–правовой базы позволило сформировать концептуальную схему организации перевозок опасных материалов, которая визуализирована на рисунке 2.1.

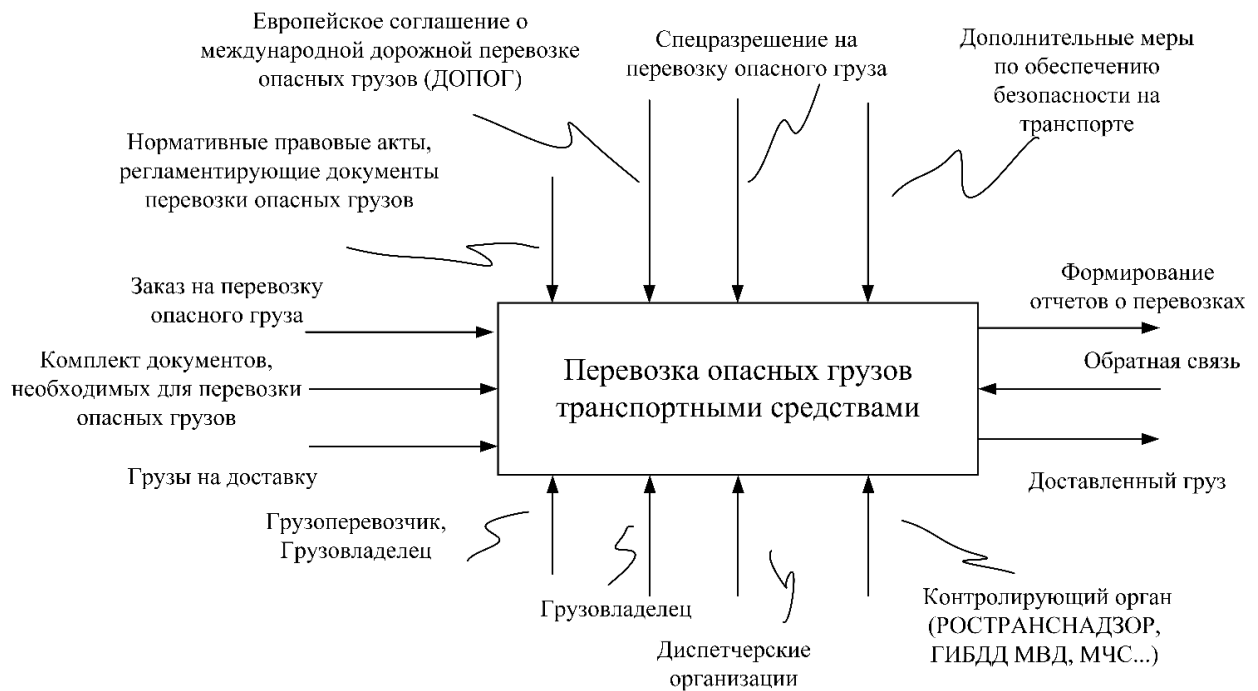


Рисунок 2.1 – Модель процесса управления организацией перевозки опасных грузов [составлено автором]

Исходя из таблицы 2.1, соответствующие статьи четко требуют отслеживания и мониторинга ОГ и транспортных средств, а также устанавливают необходимость сбора важной информации о перевозке ОГ и создания платформы информационного взаимодействия и динамического мониторинга. Анализ текущего состояния системы управления перевозками ОГ транспортными средствами показывает, что многие из требований нормативно–регулирующих документов еще не выполнены [190].

Таблица 2.1 – Соответствующие статьи в нормативных документах, отражающие требования к регулированию перевозки опасных грузов [составлено автором]

Нормативно–правовые документы	Соответствующие статьи
ДОПОГ [80, 111]	1.10.3.3 ..., должны использоваться системы телеметрии или другие методы или устройства, позволяющие отслеживать движение грузов повышенной опасности 8.4.1 Транспортные средства, перевозящие опасные грузы, должны находиться под наблюдением или могут ставиться на стоянку без наблюдения на безопасном складе или в безопасных заводских помещениях. 1.8.3.6 ..., консультант, собрав все необходимые сведения, составляет отчет об аварии для администрации предприятия или для местных органов власти.
«Положение о безопасном обращении с опасными химическими веществами» (Постановление КНР №645 от 07.12.2013) [33, 39]	Статья 18 При перевозке опасных химических веществ автомобильным транспортом необходимо обеспечить сопровождение, а перевозимые опасные химические вещества должны находиться под наблюдением сопровождающих.
«Меры по безопасному управлению автомобильными перевозками опасных грузов» (постановление КНР № 29 от 28.11.2019) [63]	Статья 5 Государство должен создать платформу для обмена информацией о регулировании опасных химических веществ и укрепляет управление безопасностью автомобильных перевозок ОГ
«Меры по динамическому наблюдению и управлению автотранспортными средствами» (Постановление КНР № 10 от 14.02.2022) [64]	Статья 8 Автотранспортные предприятия по перевозке ОГ должны в соответствии со стандартной конструкцией платформы динамического мониторинга автотранспортных средств или использовать квалифицированную платформу мониторинга социальной спутниковой системы позиционирования (далее совместно именуемые «платформа мониторинга»), осуществлять мониторинг и контроль в реальном времени за процессом эксплуатации принадлежащих им автотранспортных средств и водителей. Статья 18 Между агентствами по управлению автомобильным транспортом, управлениями дорожного движения органов общественной безопасности и управлениями по ЧС должен быть создан механизм обмена информацией.

Современные вызовы логистики опасных материалов требуют принципиально новых подходов к организации и управлению доставкой ОГ. В связи с этим существует необходимость внедрения интегрированных интеллектуальных технологий в организацию и управление

доставкой ОГ транспортными средствами и создания ТАИУС ДОГ ТС [77–79, 81-94, 187-192]. Создание такой телематической информационно-управляющей системы требует поэтапного процесса (Рисунок 2.2).

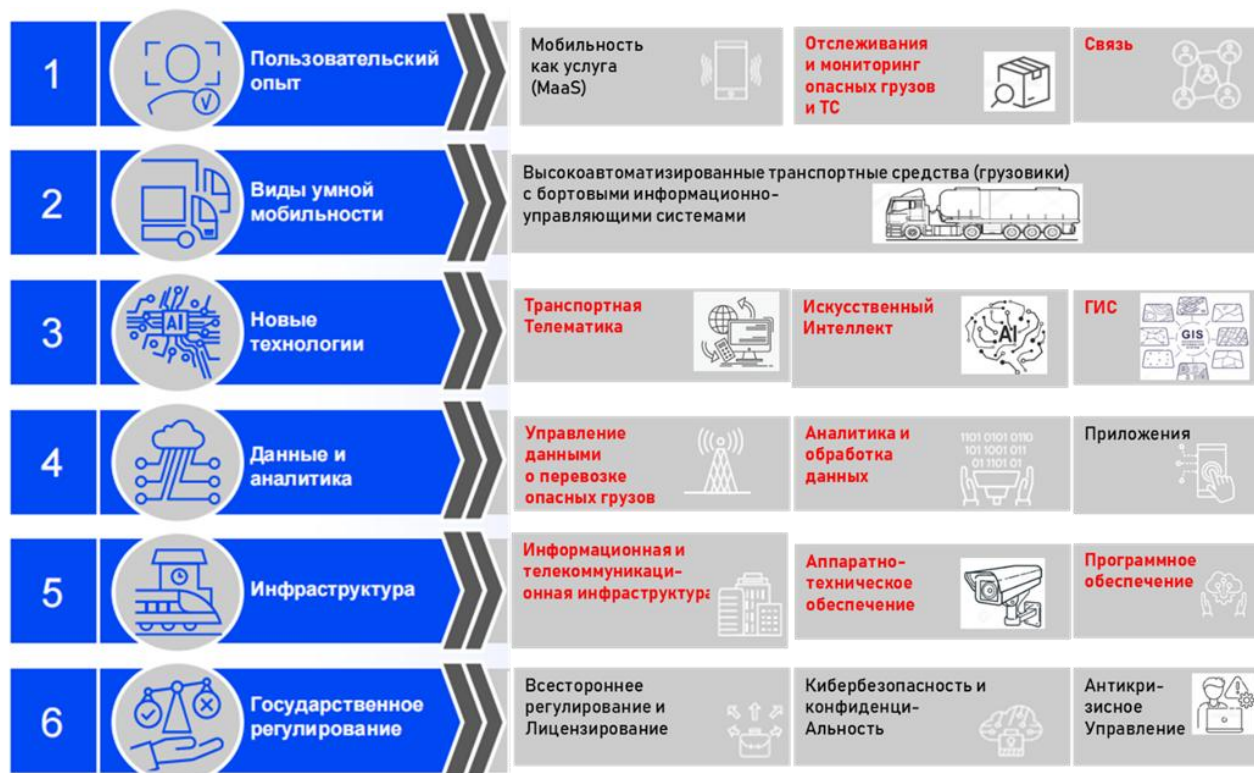


Рисунок 2.2 – Этапы внедрения интегрированных интеллектуальных технологий в организацию и управление доставкой опасных грузов транспортными средствами [составлено автором]

При любом уровне гармонизации технических регламентов, национальных стандартов с международными нормами успех в построении ИТС, эффективность ее работы зависят от исполнения этих требований. Сервисные группы и сервисы представляют собой дальнейшую детализацию различных секторов деятельности ИТС, уже представленных доменами [25, 121].

Предлагаемая телематическая система должна разрабатываться в части развития системы управления коммерческим транспортом в рамках формирования единой ИТС. Общая структура проектирования ИТС представлена на рисунке 2.3.

Разработка ТАИУС ДОГ ТС требует реализации следующих ключевых аспектов:

1. Организация непрерывного контроля:

- мониторинг параметров перевозки;
- отслеживание состояния опасных веществ;
- сбор и передача данных о транспортном процессе (Рисунок 2.4).



Рисунок 2.3 – Общая структура проектирования ИТС [составлено автором]

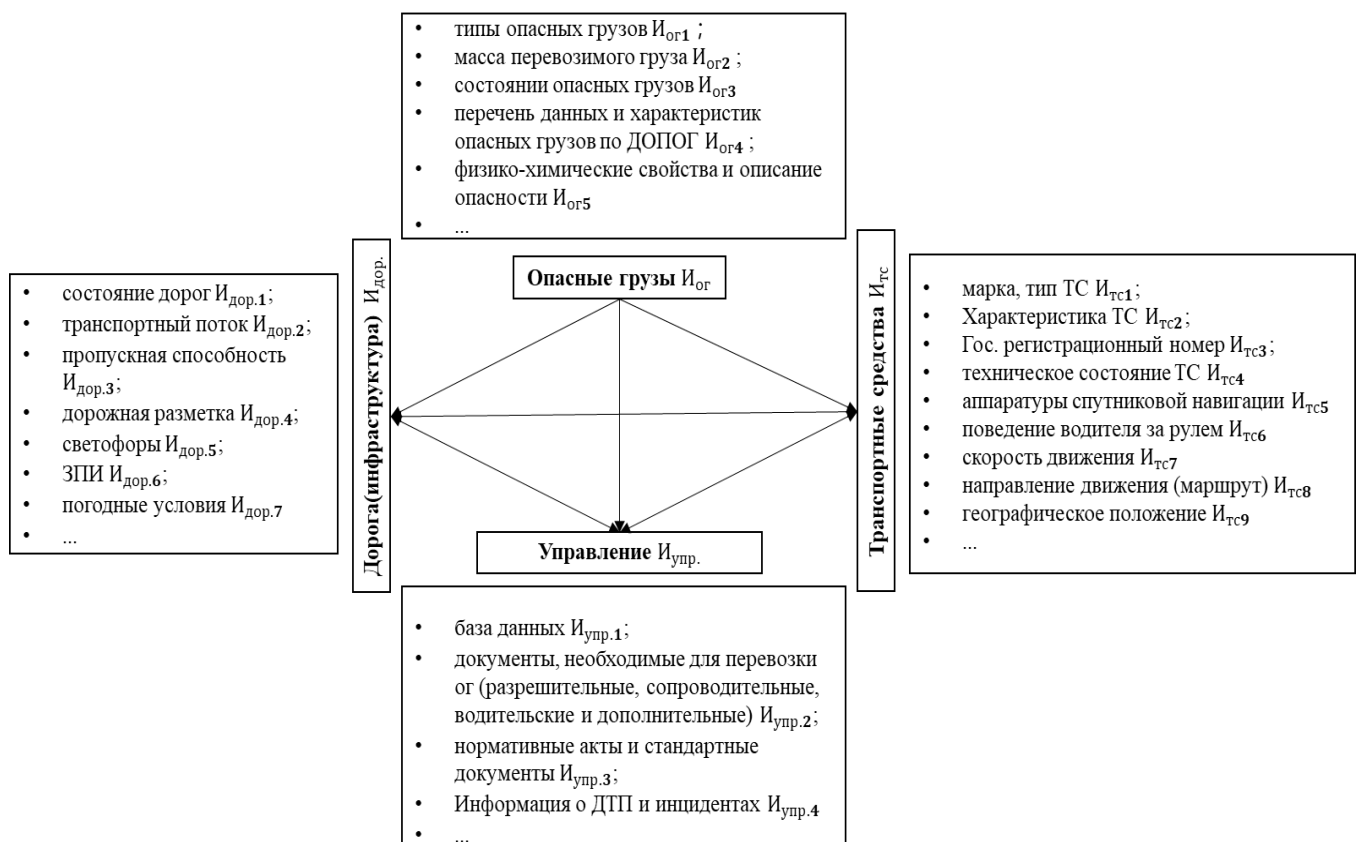


Рисунок 2.4 – Информационные данные, подлежащие сбору, хранению, передаче и обработке при использовании ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

2. Обеспечение системы по шести направлениям:

- техническая база;
- информационные ресурсы;
- программные решения;
- организационные механизмы;
- математические модели;
- методологические подходы.

Определено понятие ТАИУС ДОГ ТС – это комплекс аппаратно-технических и программно-информационных средств, обеспечивающих оперативный сбор и передачу по беспроводной связи в режиме реального времени информационных данных с устройств, размещенных на транспортных средствах и инфраструктурах, о местоположении, движении и состоянии перевозимых ОГ, скорости и техническом состоянии ТС и дорожных условиях на маршруте и т.д. Созданная обобщенная модель ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 2.5) представляет собой интегрированный комплекс [21-25, 193], включающий:

- аппаратные компоненты;
- программные модули;
- средства связи.

Основные функциональные возможности системы:

- сбор оперативных данных с бортовых устройств;
- беспроводная передача информации в реальном времени;
- мониторинг различных параметров: координаты и динамика ТС, состояние опасного груза, технические показатели автомобиля, дорожные условия.

Предложенные связанные зависимости учитывают закономерности влияния автоматизированной системы управления контроля движения на ТЭП дороги общего использования. Исходя из этого определены три уровня [192], определяющие систему управления (рисунок 2.6):

1. Перевозочный процесс на мега уровне (ТЛК).
2. Перевозочный процесс на локальном макроуровне (АТП)
3. Перевозочный процесс на индивидуальном микроуровне (ТС)



Рисунок 2.5 – Обобщенная модель построения ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

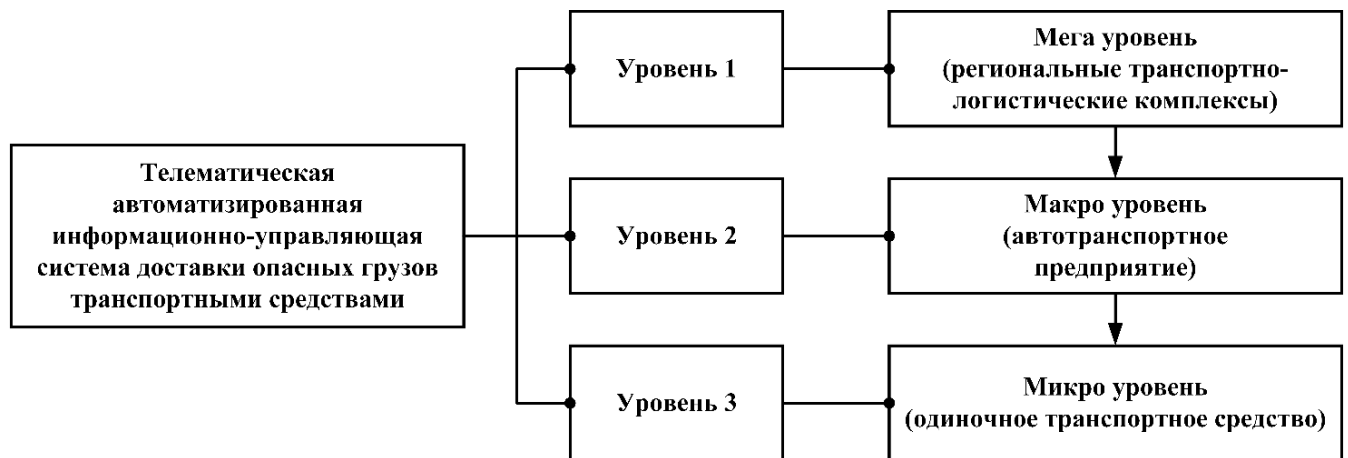


Рисунок 2.6 – Схема поуровневой оптимизации системы доставки опасных грузов [составлено автором]

На каждом из представленных уровней, перевозочный процесс по следующим критериям [91-94]:

– контроль температуры и давления ОГ должен соответствовать требованиям к транспортировке конкретных ОГ, указанным в ДОПОГ.

– скорость движения ТС ПОГ, не должна превышать скорости, установленной органами ГИБДД МВД России исходя из конкретных дорожных условий на момент согласования маршрута перевозки.

С учетом специфики организации и управления доставкой ОГ проводится анализ структуры функциональных подсистем ТАИУС ДОГ ТС, разработанная модель процесс контроля движения транспортных средств при внедрении ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 2.7) описывает функции реализуемые системой, процесс передачи информации между подсистемами и интегрированная платформа.

Выполнение ряда мер по безопасному управлению перевозкой ОГ может вызывать необходимость остановки или замедления движения транспортных средств, что в свою очередь сказывается на времени доставки. Проверка действительности и подлинности документов, необходимых для перевозки ОГ (разрешение на перевозку, свидетельство о квалификации водителя (ADR) [27, 76], сопроводительные документы и т. д.), является важной мерой по обеспечению безопасности перевозок. Как правило, этот процесс занимает 15–20 минут. Однако, Стоит отметить, что доступ к модулю «Аттестация и Подготовка» (АиП) ограничен, и изменения могут вносить лишь государственные инспекторы территориальных отделов. Они могут видеть данные только по выданным свидетельствам из своего отдела, тогда как инспекторы МТУ Ространснадзора имеют доступ ко всем свидетельствам округа. Инспекторы на линии и сотрудники ГИБДД не имеют доступа к базам данных. При проверке свидетельств других федеральных округов необходимо оформлять запрос, что замедляет процесс. Связаться с территориальными отделами для уточнения подлинности документов удастся только в их рабочее время, что еще больше усложняет ситуацию. Таким образом, система контроля за перевозкой ОГ требует оптимизации с помощью автоматизации и информационных технологий для повышения эффективности регулирования.

Определена оптимизационная задача исходя из этого (формула 2.1):

$$W = (y_1 y'_1 + y_2 y'_2 + \dots + y_n y'_n), \quad (2.1)$$

где W – задача эффективного функционирования ТАИУС ДОГ ТС;

y_n – реализация n -й функции управления ТАИУС ДОГ ТС;

y'_n – обратная связь выполнения n -й функции управления ТАИУС ДОГ ТС.

Оптимизационная задача по созданию системы определяется при условии (формула 2.2): Все функции должны выполняться в кратчайшие сроки, то есть время, затрачиваемое на выполнение каждой функциональной задачи системы, должно стремиться к минимуму.

$$Wi = \sum P_n (T_n), T_n \rightarrow \min, \quad (2.2)$$

где Wi – оптимизационные задачи, поставленные для построения ТАИУС ДОГ ТС;

P_n – n -ая функциональная задача ТАИУС ДОГ ТС;

T_n – оперативность управления n -й функции, (время, затраченное на выполнение n -ой функциональной задачи системы).

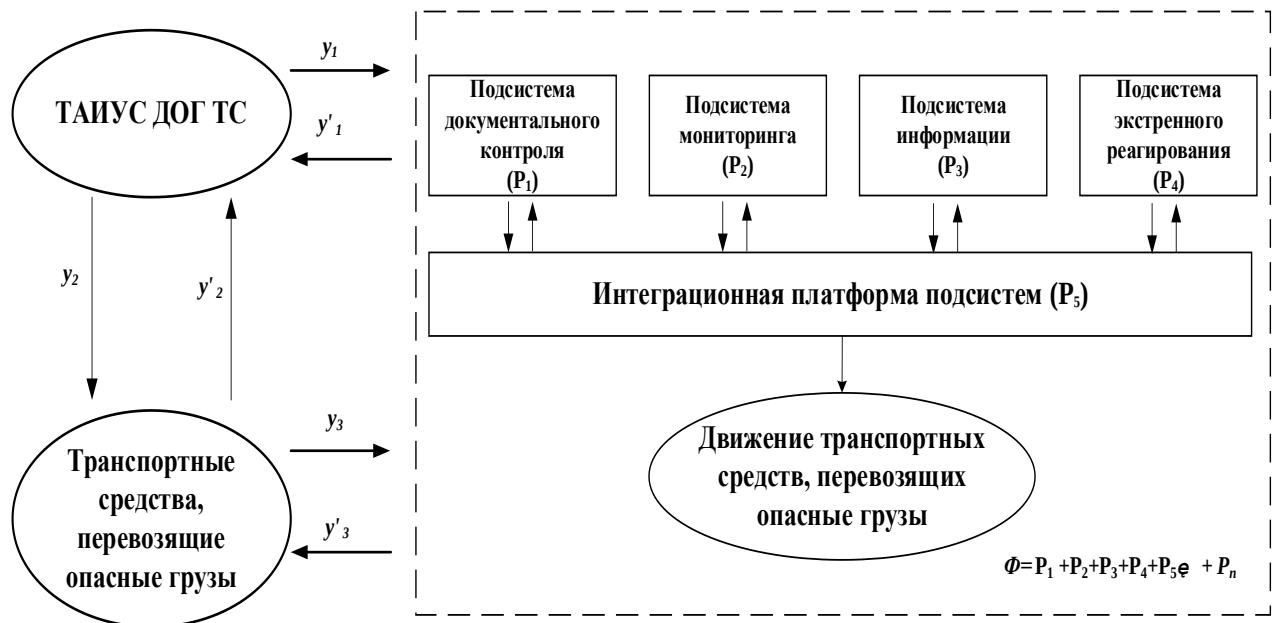


Рисунок 2.7 – Модель процесс контроля движения транспортных средств при внедрении ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

Решение поставленной оптимизационной задачи обеспечивается за счет внедрения программно-аппаратных средств контроля движения ТС по формированию автоматизированной системы управления перевозками ОГ на дорогах. С их применением открываются практические перспективы для повышения контроля движения ТС и эффективности перевозочного процесса доставки ОГ на новом качественном уровне, обеспечивающие «интеграцию» участников деятельности и автоматизированной информационно-управляющей системы при помощи средств телематики и ПАС, что способствует повышению организованности транспортных потоков, снижению времени простоя ТС, повышению пропускной способности, увеличения средней скорости движения ТС, снижению затрат на топливо, повышению безопасности перевозок, снижению издержек и потерь при реализации задач транспортного обеспечения, минимизации убытков от ЧС, связанных с опасными грузами.

Проведено моделирование функциональных возможностей ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 2.8) с учетом особенностей перевозки ОГ, что позволяет уточнить состав подсистем системы и контрольных задач, которые они должны выполнять. Разработанная модель представляет собой раскрытие поставленной задачи оптимизации по формуле 2.3.

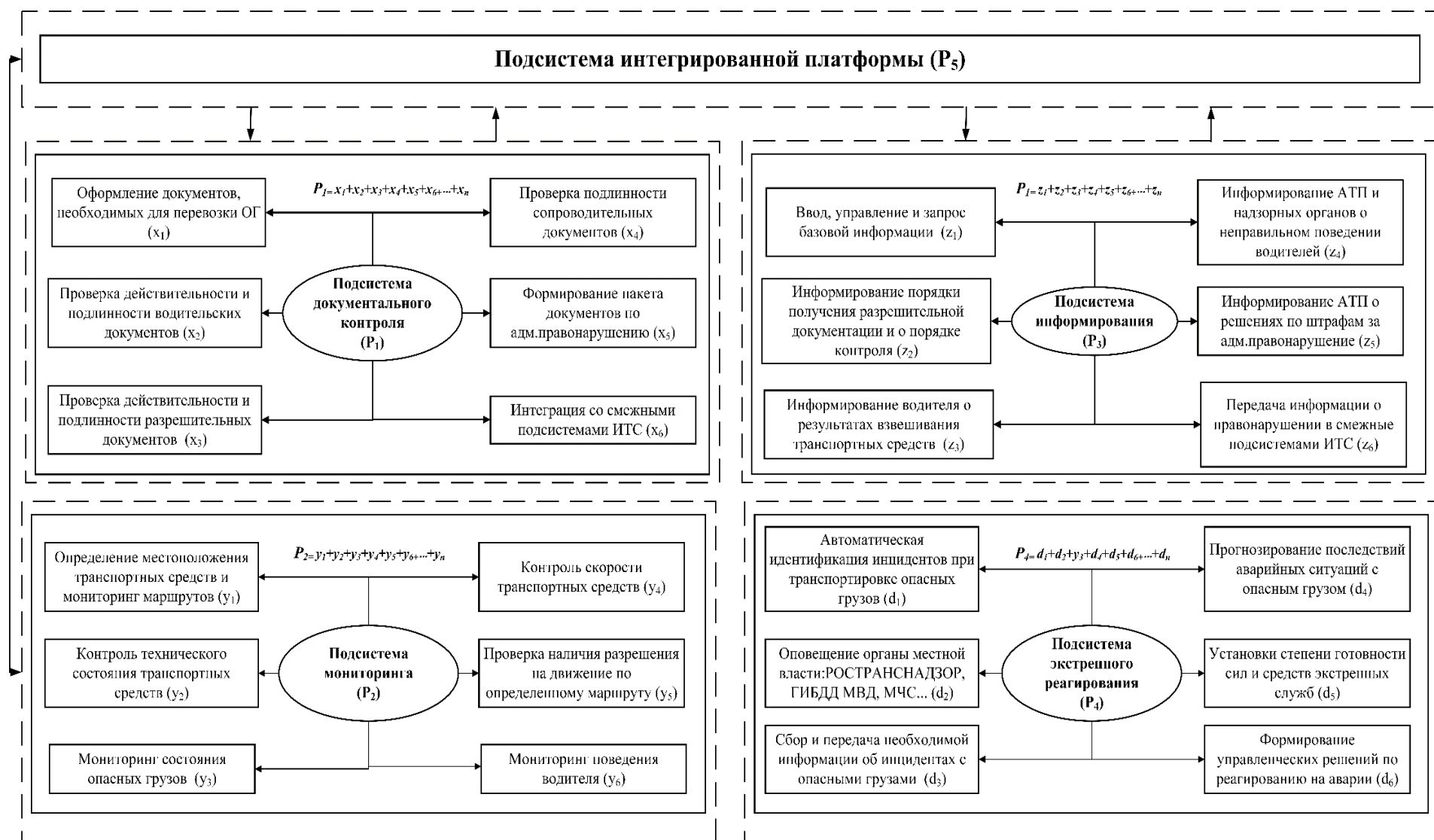


Рисунок 2.8 – Моделирование функциональных возможностей подсистем телематической автоматизированной информационно–управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами [составлено автором]

$$W_i = \begin{cases} x_1 \cdot T_{x_1} + x_2 \cdot T_{x_2} + x_3 \cdot T_{x_3} + \dots + x_n \cdot T_{x_n} \\ y_1 \cdot T_{y_1} + y_2 \cdot T_{y_2} + y_3 \cdot T_{y_3} + \dots + y_n \cdot T_{y_n} \\ z_1 \cdot T_{z_1} + z_2 \cdot T_{z_2} + z_3 \cdot T_{z_3} + \dots + z_n \cdot T_{z_n} \\ d_1 \cdot T_{d_1} + d_2 \cdot T_{d_2} + d_3 \cdot T_{d_3} + \dots + d_n \cdot T_{d_n} \end{cases}, \quad (2.3)$$

где x_n , y_n , z_n , d_n - функции подсистем документального контроля ОГ, мониторинга ОГ, информирования ОГ, экстренного реагирования ОГ, T_{x_n} , T_{y_n} , T_{z_n} , T_{d_n} – время выполнения соответствующих функций.

В данной архитектуре ТАИУС ДОГ ТС реализована синхронизация всех её подсистем, которые постоянно взаимодействуют друг с другом. Центральным элементом выступает интеграционная платформа, получающая информационные потоки от подсистем ТАИУС ДОГ ТС. Рабочая схема данной интегрированной платформы иллюстрируется на рисунке 2.9.

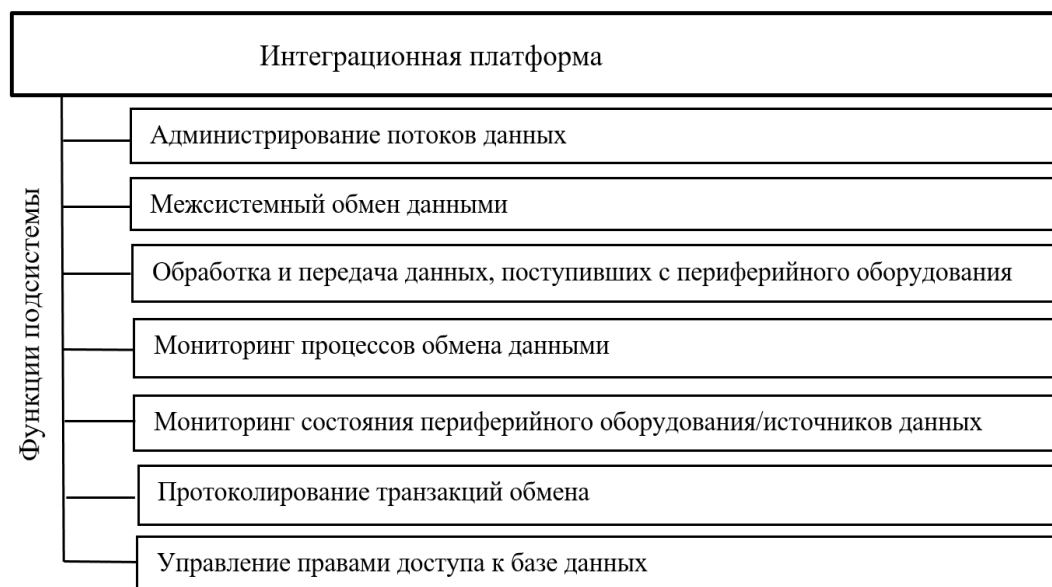


Рисунок 2.9 – Функциональная схема подсистемы «Интеграционная платформа»
[составлено автором]

Контроль и надзор за деятельностью по перевозке опасных грузов являются неотъемлемой частью обеспечения безопасности, соблюдения законодательства, предотвращения чрезвычайных ситуаций и защиты окружающей среды. Это необходимая мера для обеспечения безопасности и эффективности перевозки опасных грузов, которая призвана минимизировать потенциальные риски и угрозы, связанные с данной деятельностью. Однако анализ ряда отчетов о ДТП показывает, что основными причинами аварий с опасными грузами являются нарушения требований по упаковке, хранению, погрузке и разгрузке, неверная оценка грузоотправителем условий перевозки и класса опасности груза, нарушения требований безопасности перевозки и правил дорожного движения и т.д. Частые ДТП с опасными грузами и

отсутствие эффективного противодействия этой тенденции свидетельствуют о том, что участниками процесса перевозки ОГ зачастую не выполняются обязательные требования.

Транспортировка опасных грузов требует соблюдения строгих норм и правил безопасности. Однако, несмотря на жесткие требования государства, а также постоянный контроль и надзор со стороны Федеральных служб, ежегодно выявляется большое количество нарушений, в особенности связанных с фальсификацией свидетельств ДОПОГ. В условиях существующего постоянного роста объемов перевозок опасных грузов, традиционные методы, применяемые в контрольно-надзорной деятельности на автомобильном транспорте, теряют свою эффективность. Подсистема, отвечающая за документальное сопровождение перевозки ОГ, охватывает несколько направлений. Прежде всего, она предназначена для обеспечения строгого соблюдения нормативных требований и стандартов, регламентирующих безопасную транспортировку опасных веществ. Основные элементы этой подсистемы:

- проверка наличия и подлинности специальных разрешений и свидетельств ДОПОГ, подтверждающих право на перевозку ОГ;
- контроль над соответствием документов требованиям, установленным международными и российскими нормами;
- оценка условий и документации, предоставляемых водителями и АТП, получившими разрешение на перевозку ОГ;
- аудит транспортных средств и их оснащения, а также обучение персонала, обеспечивающего безопасность перевозок [47–48].

Меры по полной проверке документов, необходимых для перевозки опасных грузов, способствуют повышению безопасности транспортного процесса и снижению риска возникновения аварий. Действующая на данный момент проверка необходимых документов для перевозки опасных грузов, в том числе свидетельств ДОПОГ, во время рейды транспортных средств, перевозящих опасные грузы на дорогах требует много времени, особенно когда приходится обратиться к различным организациям и базам данных. Подсистема документального контроля должна предоставлять оперативный доступ к актуальной информации, связывая данные о выданных свидетельствах с регистрационными номерами транспортных средств. Это поможет сократить время на проверку и повысить уровень безопасности во время перевозок. Эффективная работа этой подсистемы способствует минимизации рисков, связанных с транспортировкой ОГ. Для эффективной работы подсистемы документального контроля требуется организовать целостный комплекс, включающий специализированное оборудование, программное обеспечение и ряд организационных мероприятий [58, 170]. В ходе функционирования автоматизированной системы документального контроля перевозки опасных грузов транспортными средствами центру

обработки данных требуется обработка массовых данных, такие вопросы рассматриваются как вопросы очередности, запросы на обслуживание представляют собой пользователей, серверы представляют собой посты обслуживания. Когда количество запросов пользователей системы постепенно увеличивается и достигает максимального значения, сервер все еще должен поддерживать хорошую производительность и высокую пропускную способность, таким образом, существует возможность использования теории массового обслуживания для анализ, оценки и прогнозирования показателей работы сервера или системы [84].

Подсистема мониторинга играет критически важную роль в обеспечении безопасности и соблюдения нормативных требований. Она включает в себя несколько ключевых компонентов: отслеживание ТС; контроль состояния груза и ТС ПОГ; проверка наличия разрешения на движение по определенному маршруту; мониторинг поведения водителя и т.д. Эффективная работа подсистемы мониторинга обеспечивает защиту как людей и окружающей среды, так и самих перевозимых ОГ.

Информационная подсистема по перевозке ОГ предназначена:

1. Для повышения уровня информационного взаимодействия между участниками.
2. Для ускорения передачи информации.
3. Для поддержки принятия рациональных управленческих решений.

Для обеспечения безопасности и эффективности перевозок ОГ. Основные компоненты таких подсистем включают:

- информационные технологии. Использование специализированных программ и платформ для передачи данных о грузе, маршруте и условиях перевозки, что позволяет осуществлять контроль на каждом этапе.
- электронные документы. Автоматизация документооборота, включая создание и обмен накладными, сертификатами, декларациями и другими важными документами, что способствует уменьшению бумажной работы и улучшению скорости обработки информации.
- обратная связь. Создание каналов для оперативного взаимодействия всех участников процесса: водителей, операторов, грузоотправителей и контролирующих органов. Это позволяет быстро решать возникающие вопросы и получать актуальные данные [51-52].
- системы оповещения. Актуальная информация о рисках и нештатных ситуациях, таких как аварии или утечки, передается всем заинтересованным сторонам. Это помогает избежать или минимизировать последствия.
- обучающие программы. Информирование и обучение работников о безопасных методах обращения с опасными грузами, изменениях в законодательствах и лучших практиках, что способствует повышению уровня безопасности.

- GIS технологии. Использование геоинформационных систем (ГИС) для визуализации маршрутов, анализа рисков и планирования безопасных путей перевозки [59-60].

Подсистема экстренного реагирования предназначена для быстрого и эффективного реагирования на аварийные ситуации, связанные с транспортировкой опасных материалов. Основные элементы подсистем экстренного реагирования включают:

- анализ рисков. оценка потенциальных угроз и определение мер по их минимизации.
- автоматическая идентификация инцидентов при транспортировке ОГ. Использование технологий для быстрого обнаружения и реагирования на аварии.
- разработка четких инструкций и алгоритмов действий для разных сценариев аварий, что позволяет быстро среагировать на инциденты.
- информационная база. ведение полной документации по перевозкам, включая информацию об опасных грузах, маршрутах и особенностях, что облегчает работу служб экстренного реагирования.
- определение готовности ресурсов для оперативного реагирования на происшествия. наличие автоматизированных систем для уведомления сотрудников, руководства и экстренных служб о произошедших авариях, что минимизирует время реагирования.
- координация с экстренными службами. Налаживание связи и протоколов взаимодействия с пожарными, медицинскими и другими службами для совместного реагирования.

Функциональная архитектура ИТС формирует основу для распределения функций между ее отдельными элементами, модулями и подсистемами, а также описывает взаимосвязи между ними. При её разработке учитываются особенности предоставляемых сервисов и потребности пользователей, характерные для каждой из подсистем [21, 25, 37, 74]. Неотъемлемой частью формирования функциональной архитектуры является информационная архитектура, которая детально описывает информационные процессы, реализуемые в системе. Она охватывает все подсистемы и телематические приложения, устанавливая требования к входным и выходным информационным потокам. При этом структура и содержание информационной архитектуры могут варьироваться в зависимости от назначения конкретной подсистемы ИТС. Таким образом, сформирована функциональная архитектура автоматизированной системы управления перевозками ОГ транспортными средствами (Рисунок 2.10). Системы управления перевозками ОГ транспортными средствами не будет строиться отдельно [88, 143], а должна быть построена как подсистема единой ИТС городских агломераций. Разработана физическая архитектура единой ИТС, включая созданную ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 2.11).

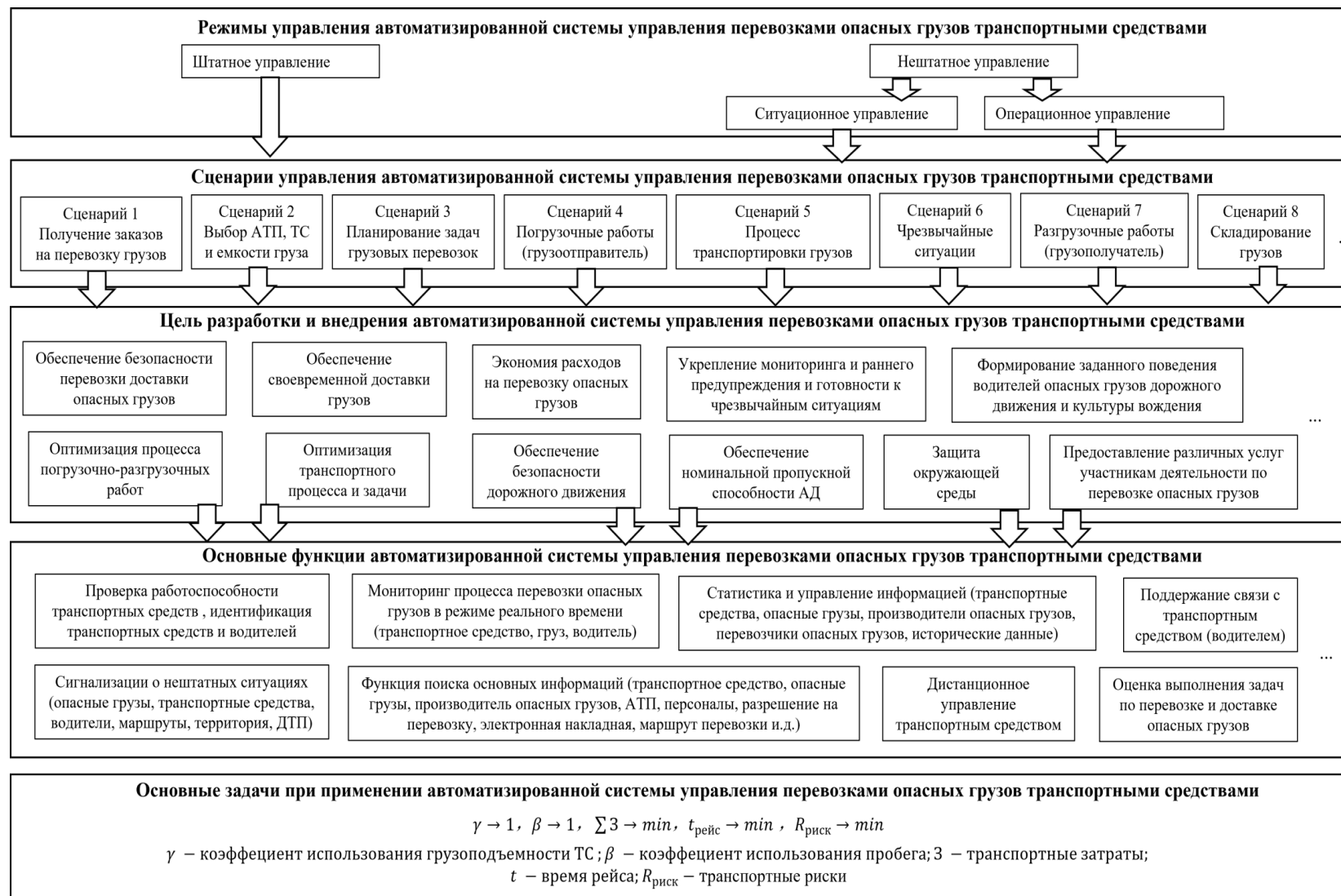


Рисунок 2.10 – Разработанная функциональная архитектура автоматизированной системы управления перевозками опасных грузов транспортными средствами [составлено автором]

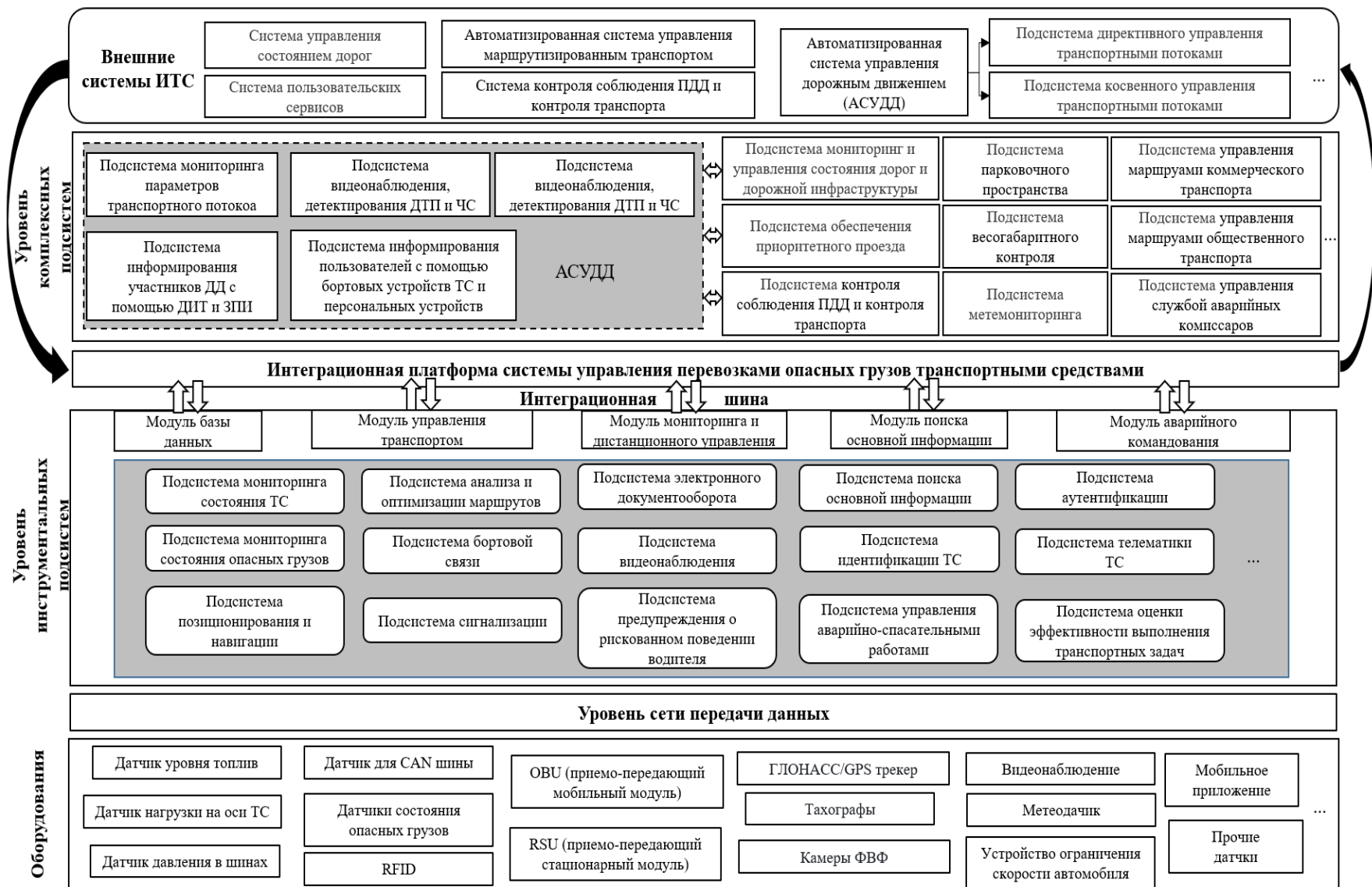


Рисунок 2.11 – Физическая архитектура единой ИТС, включая созданную ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

2.2 Математические моделирование влияния функционирования телематической автоматизированной информационно-управляющей системы на безопасность и эффективность организации перевозки опасных грузов транспортными средствами

Для оценки влияния телематической автоматизированной информационно–управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами на безопасность и эффективность организации перевозки ОГ необходимо установить требования и критерии к разрабатываемым системам [161]. Основные этапы исследования использования ТАИУС ДОГ ТС в рисунке 2.12 определены.

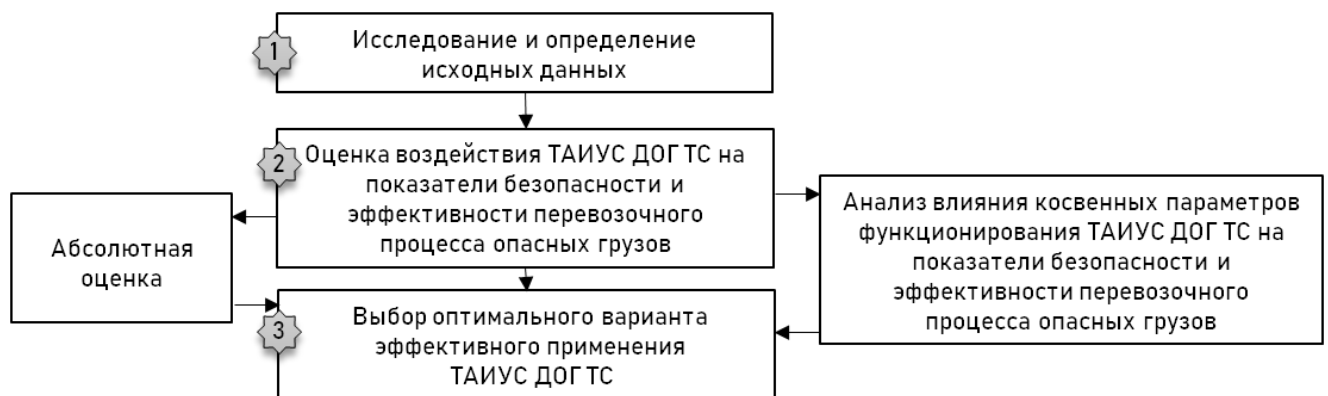


Рисунок 2.12 – Этапы исследования эффективного использования ТАИУС ДОГ ТС

[составлено автором]

Проведенные исследования демонстрируют значительный потенциал применения интеллектуальных систем управления на автомобильных дорогах общего пользования в различных субъектах РФ [29-33, 40, 54, 113, 125]. Ключевое значение в данном контексте приобретает вопрос обеспечения оптимальной работы автоматизированных систем мониторинга транспортных средств.

Необходимость исследования обусловлена следующими факторами:

1. Отсутствием методик анализа воздействия многофакторных влияний на эффективность ТАИУС ДОГ ТС.

2. Уникальностью архитектуры разрабатываемой системы, не имеющей прямых аналогов.

3. Недостаточной изученностью данного направления исследований.

В связи с этим возникает необходимость:

1. Выявления устойчивых взаимосвязей между параметрами системы и показателями перевозочного процесса.

2. Разработки методологического аппарата для оценки этих зависимостей.

Для решения указанных задач была создана специализированная оценочная модель. Графическое представление модели приведено на рисунке 2.13.

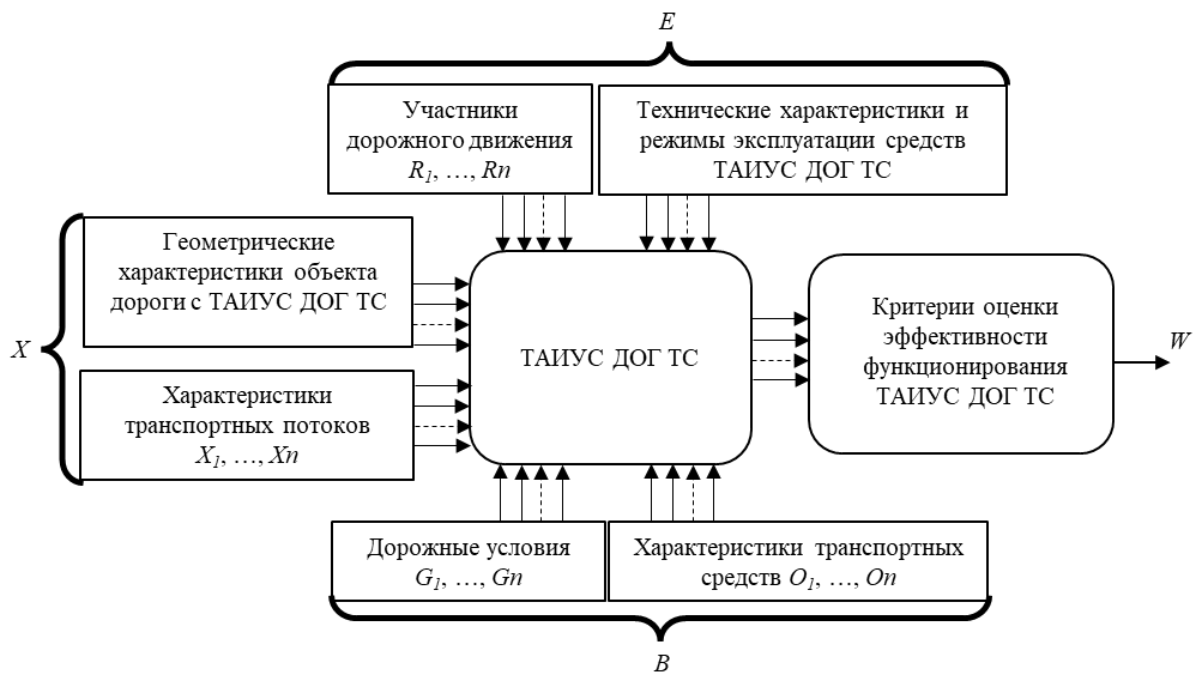


Рисунок 2.13 – Модель оценки влияния различных факторов на эффективность функционирования ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

Научное исследование позволило разработать концептуальные основы для создания технических и технологических решений в области автоматизированного управления транспортными потоками. Особое внимание уделено вопросам:

1. Оптимизации применения программно–аппаратных комплексов.
2. Повышению эффективности систем управления движением.

В связи с отсутствием методов анализа влияния различных факторов на функционирование ТАИУС ДОГ ТС необходимость исследования обусловлена следующими факторами:

1. Отсутствием разработанных методик оценки многофакторного воздействия на работу ТАИУС ДОГ ТС.
2. Уникальностью архитектурных решений системы, не имеющей прямых аналогов.
3. Недостаточной изученностью данного технологического направления.

В связи с этим возникает научно–практическая необходимость: выявления устойчивых взаимосвязей между параметрами системы [92]; установления закономерностей влияния на организацию логистических процессов [89]; разработки методов оценки эффективности перевозок ОГ.

Было проведено математическое моделирование влияния ТАИУС ДОГ ТС на показатели безопасности и эффективности перевозки ОГ (Таблица 2.2), где:

Таблица 2.2 – Показатели независимых и зависимых переменных для математического моделирования [составлено автором]

Y_1	пропускную способность дороги (автомобилей в час)
Y_2	показатель безопасности (число аварий и инцидентов с опасными грузами (раз/10 000 км)
x_1	объем груза (количество)
x_2	протяженность маршрута (км)
x_3	количество транспортных средств, перевозящих опасные грузы
x_4	количество аппаратно–программных комплексов контроля (количество)
x_5	степень автоматизации транспортных средств (доля транспортных средств, оснащенных интеллектуальными датчиками, системой помощи при самостоятельном вождении, %)
x_6	средняя скорость ТС (км/ч)
x_7	оперативность управления (время, затрачиваемое на проведение мероприятий по управлению, минуты)
x_8	состояние опасных грузов
x_9	эксплуатационные характеристики ТС
x_{10}	количество ДТП.

Фрагмент кода имитационного моделирования на основе регрессионного анализа с помощью языка программирования Python, с применением библиотек «import numpy as np», «import pandas as pd», «import statsmodels.api as sm» представлен на рисунке 2.14.

```
import numpy as np
import pandas as pd
import statsmodels.api as sm
from statsmodels.stats.outliers_influence import variance_inflation_factor

# =====
# 1. 模拟数据生成
# =====
np.random.seed(42) # 确保可重复性

# 定义样本量
n = 200

# 生成自变量 (X1-X10)
data = {
    'X1': np.random.normal(50, 10, n), # 货运量(吨)
    'X2': np.random.uniform(100, 500, n), # 路线长度(公里)
    'X3': np.random.poisson(15, n), # 危险货物车辆数
    'X4': np.random.randint(5, 30, n), # 硬件软件控制系统数
    'X5': np.random.uniform(20, 80, n), # 车辆自动化程度(%)
    'X6': np.random.normal(60, 5, n), # 车辆平均速度(km/h)
    'X7': np.random.uniform(1, 10, n), # 控制效率(分钟)
    'X8': np.random.choice([0, 1], n, p=[0.7, 0.3]), # 危险货物状态(0=正常, 1=异常)
    'X9': np.random.normal(75, 10, n), # 车辆性能评分(0-100)
    'X10': np.random.poisson(2, n) # 道路事故数
}
```

Рисунок 2.14 – Фрагмент кода имитационного моделирование [составлено автором]

В результате получена математические модели оценки влияния ТАИУС ДОГ ТС на показатели безопасности (число аварий и инцидентов с опасными грузами) и эффективности (пропускная способность дороги) организации перевозки ОГ, в виде формулов 2.4 и 2.5:

$$Y_1 = 1520.34 - 0.48X_1 + 0.82X_4 + 2.45X_5 + 3.1X_6 - 4.12X_7 - 1.25X_9 - 1.48X_{10}, \quad (2.4)$$

$$Y_2 = 2.15 + 0.021X_1 + 0.032X_3 - 0.12X_4 - 0.06X_5 - 0.09X_6 + 0.16X_7 + 0.22X_8 - 0.28X_9 + 0.31X_{10} \quad (2.5)$$

где Y_1 – пропускная способность автомобильной дороги;

Y_2 – число аварий и инцидентов с опасными грузами;

X_1 – объем груза (количество);

X_3 – количество ТС, перевозящих опасные грузы;

X_4 – количество ПАС;

X_5 – степень автоматизации транспортных средств;

X_6 – средняя скорость ТС;

X_7 – оперативность управления (время, затраченное на выполнение задач контроля);

X_8 – состояние опасных грузов;

X_9 – эксплуатационные характеристики ТС;

X_{10} – количество ДТП.

Для оценки степени влияния отобранных факторов на исследуемый показатель используются два ключевых статистических параметра:

1. Коэффициент детерминации (R^2).
2. Коэффициент множественной корреляции (R).

Анализ представленных данных (таблицы 2.3 и 2.4) показывает следующие результаты: значение коэффициента детерминации достигает 0,99, что свидетельствует, что 99% вариации зависимой переменной Y объясняется изменением рассматриваемых факторов.

Таблица 2.3 – Результаты ANOVA регрессивной модели (показатель эффективности Y_1 – пропускная способность) [составлено автором]

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-значение	p-значение	Значимость ($\alpha=0.05$)
Константа	1520.34	45.21	33.63	$p<0.001$	✓
X_1	-0.48	0.12	-4.00	$p<0.001$	✓
X_2	0.02	0.03	0.67	0.505	×
X_3	-0.15	0.25	-0.60	0.551	×
X_4	0.82	0.18	4.56	$p<0.001$	✓
X_5	2.45	0.35	7.00	$p<0.001$	✓
X_6	3.10	0.40	7.75	$p<0.001$	✓
X_7	-4.12	0.55	-7.49	$p<0.001$	✓
X_8	0.10	0.20	0.50	0.618	×
X_9	-1.25	0.30	-4.17	$p<0.001$	✓
X_{10}	-1.48	0.35	-4.23	$p<0.001$	✓
Статистика модели:		$R^2=0.81$, скорректированный $R^2=0.78$			
		F-статистика: 27.8 ($p<0.001$)			

Таблица 2.4 – Результаты ANOVA регрессивной модели (показатель безопасности Y_2 – число аварий и инцидентов с опасными грузами) [составлено автором]

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-значение	p-значение	Значимость ($\alpha=0.05$)
Константа	2.15	0.25	8.60	$p<0.001$	✓
X_1	0.021	0.002	10.50	$p<0.001$	✓
X_2	0.005	0.001	5.00	0.436	✓
X_3	0.032	0.005	6.40	$p<0.001$	✓
X_4	-0.12	0.03	-4.00	$p<0.001$	✓
X_5	-0.06	0.01	-6.00	$p<0.001$	✓
X_6	-0.09	0.02	-4.50	$p<0.001$	✓
X_7	0.16	0.03	5.33	$p<0.001$	✓
X_8	0.22	0.05	4.40	$p<0.001$	✓
X_9	-0.28	0.04	-7.00	$p<0.001$	✓
X_{10}	0.31	0.05	6.20	$p<0.001$	×
Статистика модели:		$R^2=0.76$, скорректированный $R^2=0.73$			
		F-статистика: 22.1 ($p<0.001$)			

Значимость F в таблице 2.3, 2.4 подтверждает связь между признаками ($p < 0,001$). Моделирование факторов осуществлялось на основе метода экспертной оценки. Подробнее о проведенном методе экспертных оценок исследовании изложено в 3 главе. Результаты регрессионного анализа, подтвержденные коэффициентом Кендалла и коэффициентом корреляции Пирсона, в значительной степени совпали с результатами экспертной оценки, что свидетельствует о том, что определённые теоретические модели эффективно отражает основное влияние ТАИУС ДОГ ТС на безопасность и эффективность организации перевозки ОГ. Определены наиболее весомые показатели, в большей степени влияющие на безопасность и эффективность перевозки ОГ: оперативность управления движением ТС, средняя скорость ТС, состояние ОГ.

2.3 Методика обоснование требований к программно-аппаратным средствам телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

В настоящее время, несмотря на то, что на некоторых автомагистралях установлено определенное количество ТСК, существующее оборудование обнаружения не способно удовлетворить потребности динамического сбора данных о дорожном движении с точки зрения надежности, защиты от помех, точности данных и своевременности, в сочетании с ограниченным количеством установленных ТСК, план развертывания не идеален, в результате чего сбор данных о дорожном движении с детекторов не идеален [96-98]. Поэтому необходимо разработать метод оценки эффективности применения ТСК на автомобильной дороге и выбрать подходящее оборудование обнаружения и методы размещения оборудования, чтобы повысить точность

обнаружения дорожной информации на участках дороги, повысить интеллектуальность автомагистрали и заложить прочный фундамент данных для построения ТАИУС ДОГ ТС.

Для стабильной работы телематических систем необходимо обеспечить согласованность между различными процессами обработки данных [12, 41, 172-175]. Это достигается через реализацию трех ключевых видов синхронизации:

1. Кодовая синхронизация:

- обеспечивает совместимость протоколов обмена данными;
- стандартизирует форматы передачи информации.

2. Временная синхронизация:

- приводит временные метки к единой системе отсчета;
- синхронизирует временные шкалы различных подсистем.

3. Пространственная синхронизация:

- привязывает данные к единой системе координат;
- обеспечивает корректное отображение пространственных параметров (местоположение

ТС, координаты грузов).

Основные требования к системе синхронизации:

1. Совместимость различных модулей.
2. Точность временных меток.
3. Единое пространственное позиционирование.

Жизненный цикл — это период функционирования интеллектуальной транспортной системы от этапа инициирования и разработки локального проекта интеллектуальной транспортной системы (ЛП ИТС) до конечного этапа использования [22]. Жизненный цикл ЛП ИТС состоит из пяти основных этапов: разработка, внедрение, эксплуатация, модернизация и завершение функционирования (Рисунок.2.15).

Жизненный цикл ИТС формируются на основании выполняемых процессов на каждом из этапов и ограничивается физическим старением оборудования, возможной модернизацией и функциональной нерентабельностью самой системы [21]. Типовая структура системы ИТС показана на рисунке 2.16. Разработка телематической системы управления перевозками ОГ (ТАИУС ДОГ ТС) требует создания интегрированного комплекса, включающего [178-185]:

1. Аппаратно–технические компоненты:

- измерительные устройства (ИС);
- средства передачи данных;
- аппаратуру мониторинга.

2. Программно–информационные модули:

- системы обработки данных;

- аналитические алгоритмы;
- интерфейсы управления.

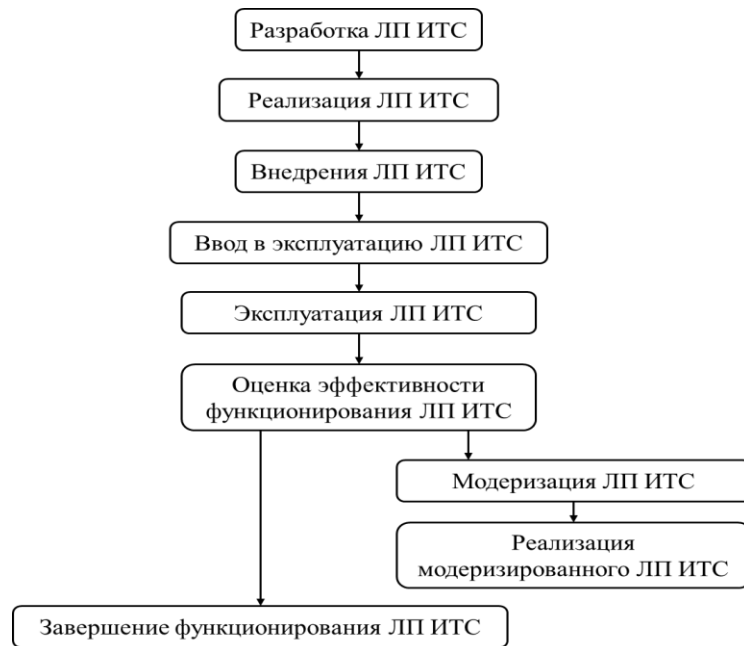


Рисунок 2.15 – Жизненный цикл построения локальных проектов ИТС [21, 22]

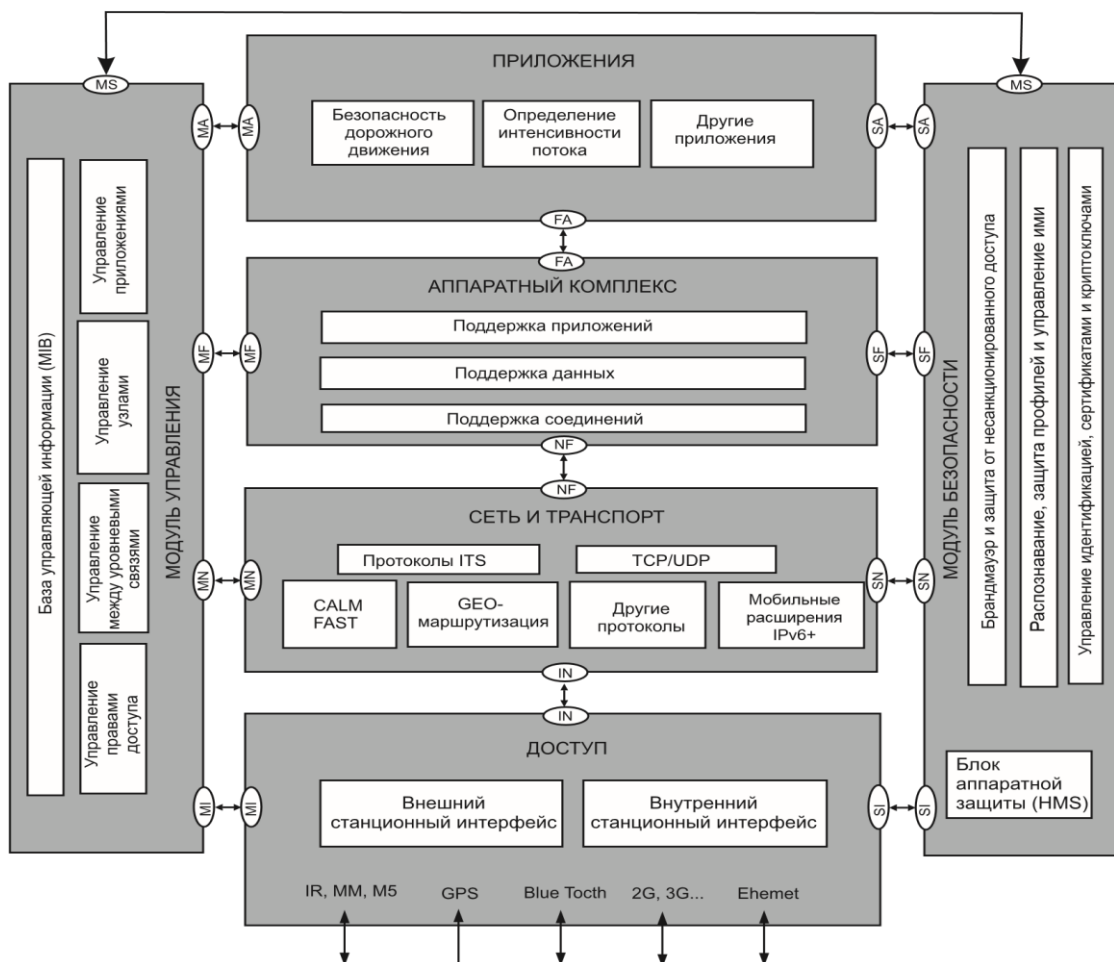


Рисунок 2.16 – Типовая структура системы ИТС [187]

Функциональные особенности системы:

1. Обеспечивает идентификацию контролируемых объектов в процессе транспортировки.
2. Формирует измерительные данные в реальном времени.
3. Основана на использовании ПАС.

Контроль процесса перевозки ОГ требует определения параметров их состояния. Учитывая эту особенность, на рисунке 2.17 указана разработанная архитектура показателей для рационального выбора и оценки ПАС (рис. 2.18) для построения ТАИУС ДОГ ТС с учетом нового, никогда ранее не рассматривавшегося технического показателя – степени идентификации состояния опасных грузов (P_i).



Рисунок 2.17 – Архитектура показателей для рационального выбора и оценки ПАС
[составлено автором]

При проведении оценки оптимального периферийного оснащения для систем автоматического мониторинга транспортного потока требуется комплексный анализ ключевых параметров. Критически важными аспектами являются энергообеспечение аппаратуры, способы обмена информацией и механизмы её долговременного архивирования [18, 23-25]. Для объективного сопоставления технических решений необходимо детально прорабатывать финансовые показатели: первоначальные капиталовложения, монтажные расходы, эксплуатационные издержки на протяжении всего периода службы системы.

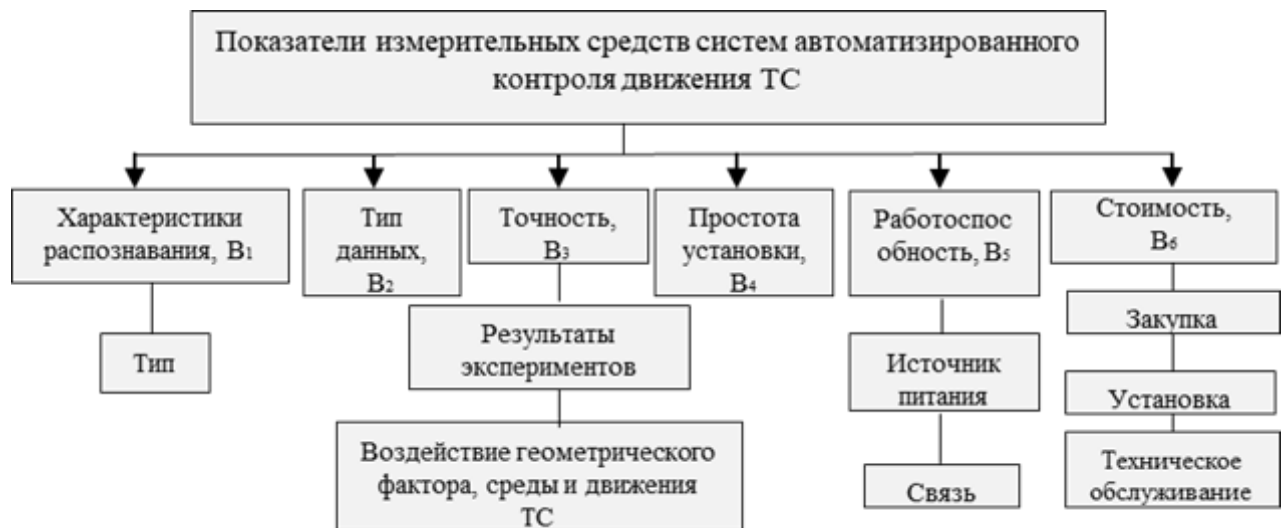


Рисунок 2.18 – Выбор и оценка измерительных средств ПАС [составлено автором]

Выбор аппаратных компонентов существенно зависит от стоимости их закупки и подготовки инфраструктуры для размещения. Ценообразование на сенсорное оборудование определяется спецификой задач мониторинга, применяемыми технологиями детектирования (тензометрические, пьезорезонансные, кристаллические, волоконно-оптические элементы) и архитектурными особенностями системы. Существенную роль также играют параметры дорожной инфраструктуры в зоне развёртывания, категории собираемой информации, функциональное назначение комплекса и интенсивность трафика [118, 191].

Определена степень идентификации состояния опасных грузов с учетом вероятностей эффективности решения k -й задачи идентификации за промежуток времени (формула 2.6), в соответствии с требуемой (P_k^3) и вероятностью полученного решения оценки (P_k):

$$P_i = P_k^3 - P_k, \text{ если } P_k^3 \geq P_k; P_i = 0, \text{ если } P_k^3 < P_k, \quad (2.6)$$

Общая оценка эффективности решения задачи идентификации объектов будет иметь вид формула 2.7:

$$P_i = \frac{1}{\sum_{k=1}^N q_k}, \text{ если } \sum_{k=1}^N q_k \neq 0, \quad (2.7)$$

где N – общее количество задачи идентификации;

q_k – вероятность решения k -й задачи идентификации.

Важным аспектом проектирования является учёт эксплуатационных лимитов бюджетов, выделяемых на обслуживание диагностических комплексов в течение всего жизненного цикла. Это включает расходы, связанные с первоначальным развёртыванием, поэтапной модернизацией и поддержанием функциональности оборудования.

Определение оптимального решения требует проведения комплексной оценки финансовых аспектов внедрения, включая инвестиции в аппаратные компоненты и организацию

их размещения. Ценообразование определяется такими параметрами, как локация монтажа аппаратных компонентов, формат регистрируемой информации, интенсивность транспортного потока и специфика практического использования собираемых метрик.

Итоговая оценка эффективности ПАС определяется по частным показателям с учетом весов частных факторов по формуле 2.8:

$$R(g) = \sum_{i=1}^n B_i * n_i, \quad (2.8)$$

где $R(g)$ – итоговая оценка реализуемости в баллах;

B_i — оценка i -го фактора реализуемости;

n_i — вес i -го фактора.

Такой подход дает возможность объективно оценить технические средства контроля на основе совокупности параметров. Для принятия решений используется балльная система оценки (формула 2.8), которая позволяет определить целесообразность применения тех или иных технических решений с точки зрения их практической эффективности и эксплуатационной надежности.

Работа телематической автоматизированной информационно-управляющей системы во многом зависит от правильного подбора технических средств, предназначенных для мониторинга транспортных потоков. Учитывая широкий ассортимент доступных технологий, аналогичные функции могут быть выполнены с применением разных видов аппаратного обеспечения.

Алгоритм рационального оснащения измерительных средств на основании метода Парето (Рис. 2.19), позволяющий определить последовательность определения оптимальных значений характеристик ПАС, используемым в автоматизированных комплексах для контроля параметров состояния ОГ. Сравнение различных вариантов на основе проверки оптимальности по методу Парето, формировать области оптимальных решений, позволяет выбрать разумный вариант.

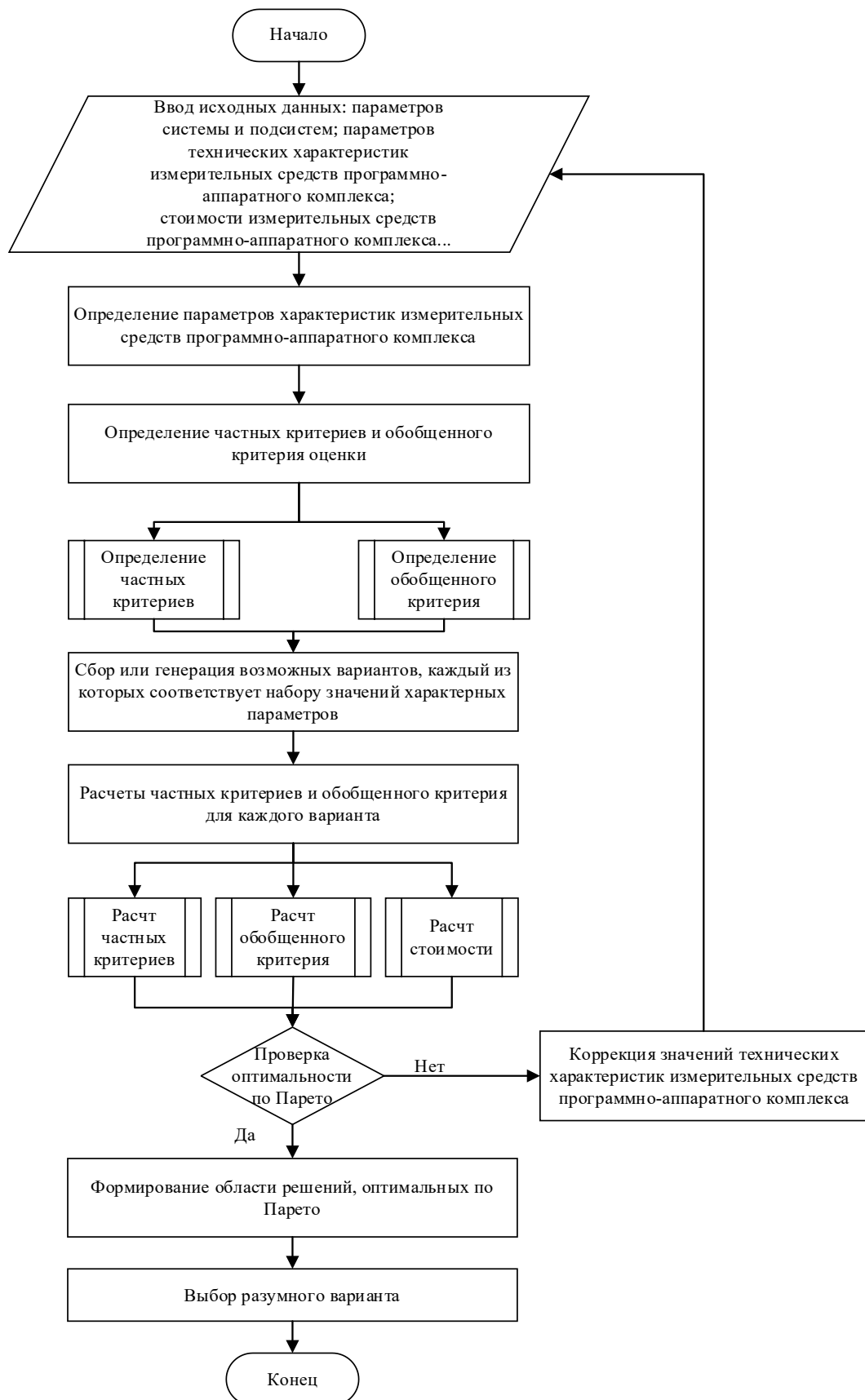


Рисунок 2.19 – Алгоритм рационального выбора программно–аппаратных средств ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

2.4 Методика оценки эффективности функционирования телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

Ввиду значительного разнообразия доступных решений, одни и те же задачи могут быть реализованы с использованием различных типов оборудования. Именно поэтому этап выбора подходящих технических средств контроля приобретает ключевое значение, так как от него зависит бесперебойность мониторинга транспортных потоков на дорожной сети [180]. Для обоснованного выбора предлагается использовать разработанный комплекс показателей эффективности, позволяющий сформировать оптимальный алгоритм подбора оборудования (Рисунок 2.20).

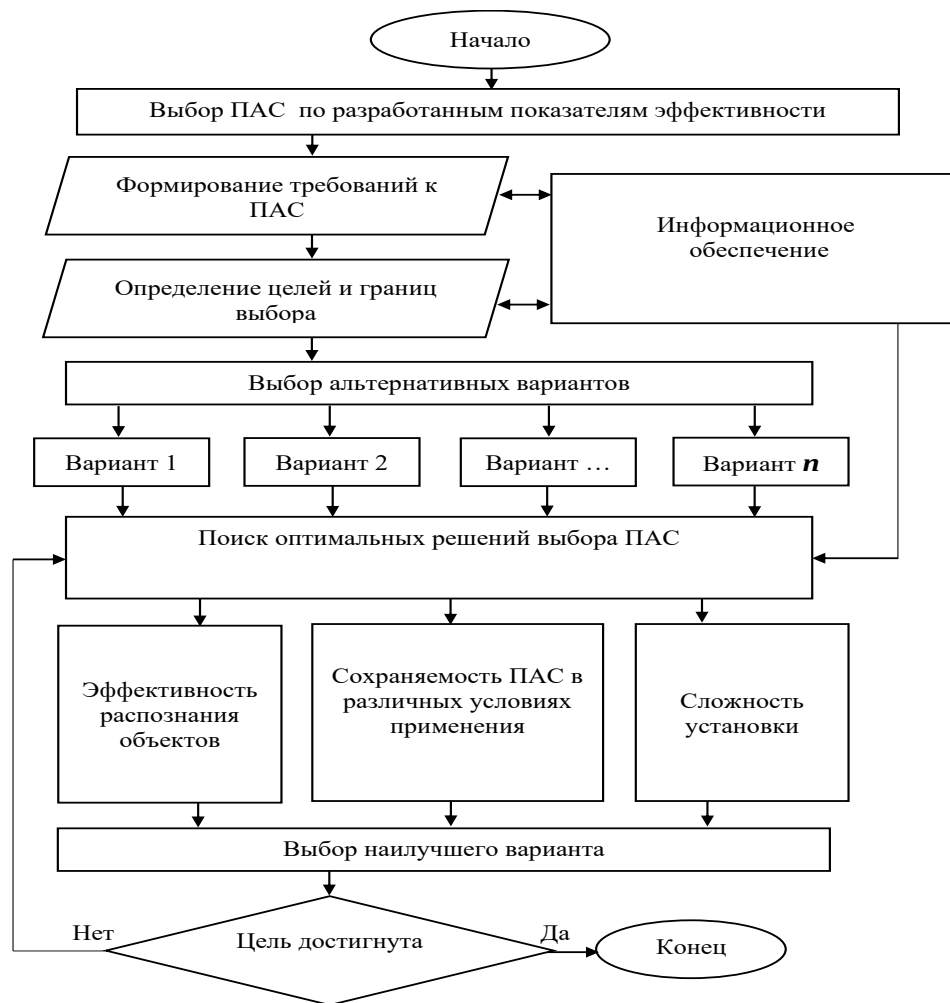


Рисунок 2.20 – Алгоритм выбора ПАС [5]

Такой подход дает возможность объективно оценить технические средства контроля на основе совокупности параметров. Для принятия решений используется балльная система оценки (формула 2.8), которая позволяет определить целесообразность применения тех или иных

технических решений с точки зрения их практической эффективности и эксплуатационной надежности.

Алгоритм выбора включает два ключевых этапа. На первом этапе формируется перечень технических средств, соответствующих заявленным задачам, с учетом их характеристик, качества исполнения и функциональности. На этом этапе также проводится анализ режимов функционирования, надёжности работы и предполагаемых затрат на эксплуатацию с акцентом на обеспечение необходимого уровня управляемости и экологического мониторинга.

На втором этапе осуществляется технико–экономическое сравнение альтернатив, отобранных на предыдущем этапе. Оценка производится по множеству критериев, таких как эффективность распознавания, долговечность, сложность инсталляции, эксплуатационные особенности и другие параметры, влияющие на итоговую производительность и целесообразность внедрения конкретных технических решений [125-127].

Анализ и повышение эффективности функционирования ИТС, их отдельных элементов на всех этапах жизненного цикла критически важны для создания безопасной, экономичной и устойчивой транспортной системы. Формирование жизненного цикла без проведения их технико–экономической оценки невозможно. В настоящий момент, автоматизированные системы управления дорожным движением в городских агломерациях характеризуются невысоким количеством параметров интегральной эффективности, в связи с этим отсутствуют методологические подходы последующей модернизация ИТС с учетом изменения текущей транспортной ситуации и научно-методическое обоснование выбора технологий и размещения программно-аппаратных средств контроля движения транспортных средств. В случае, когда не достигается максимум эффективности функционирования системы переходит в стадию стагнации, при этом дальнейшее использование данного программно–аппаратного комплекса является нецелесообразным. В рамках жизненного цикла локального проекта ИТС особое значение приобретает установление регулярной оценки эффективности функционирования системы. Это позволяет своевременно выявлять снижение результативности и переходить к этапу модернизации, предотвращая преждевременное вступление системы в фазу стагнации. Такой подход обеспечивает устойчивое развитие проекта и продлевает срок его эффективной эксплуатации. Принятые технические решения должны быть ориентированы на эту перспективу и способствовать устойчивому прогрессу системы в рамках её жизненного цикла [72, 94, 95, 189].

Была создана модель жизненного цикла ПАС (Рисунок 2.21) [150], на основе которой разработана математическая модель, представляющая эффективность функционирования ПАС в процессе его эксплуатации [168, 189], определяется по формуле 2.9:

$$W_T = F [\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n], \quad (2.9)$$

где W_T — совокупность критерий оценки эффективности функционирования ПАС;

$\delta_1, \delta_2, \delta_3 \dots \delta_n$ – значения коэффициента эффективности функционирования ПАС.

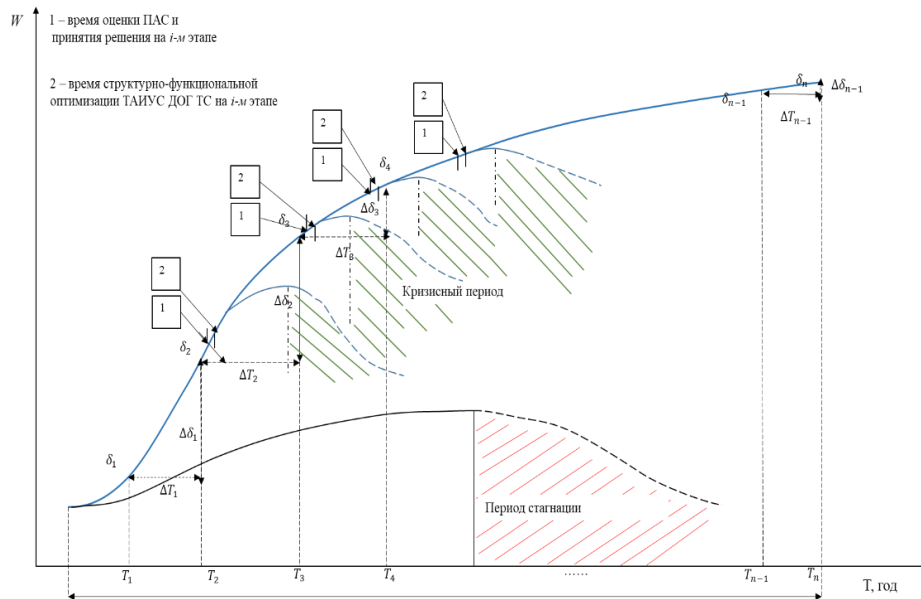


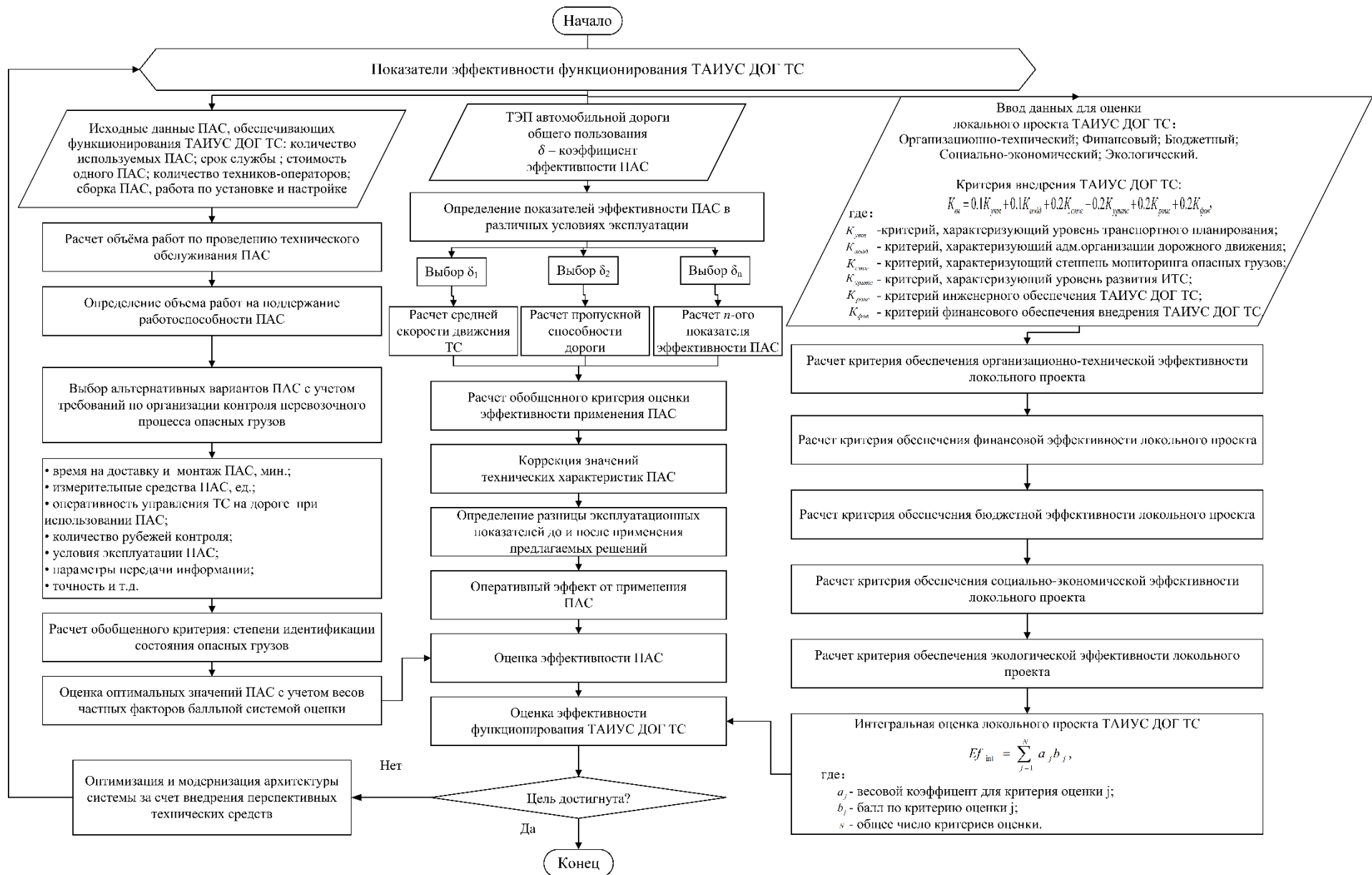
Рисунок 2.21 – Моделирование жизненного цикла функционирования ПАС [составлено автором]

Исходя из этого был определен (уточненная формула Ньютона–Лейбница) интеграл непрерывной функции на интервале $[a, b]$ равен приращению любой ее функции на интервале $[a, b]$. В сочетании с разработанной моделью можно получить значение изменения коэффициента влияния ПАС на ТЭП (эффективность функционирования ПАС) $\Delta\delta$ в период $[t_{n-1}, t_n]$. Получена общая формула выражения эффективности применения ПАС, применяемых в течение жизненного цикла функционирования ТАИУС ДОГ ТС, с течением времени (формула 2.10):

$$W(T_n) = \delta_1 T_1 + \Delta\delta_1 (T_1 + \Delta T_1) + \Delta\delta_2 (T_1 + \Delta T_1 + \Delta T_2) + \dots + \Delta\delta_{n-1} (T_1 + \Delta T_2 \dots + \Delta T_{n-1}), \quad (2.10)$$

где $W(T_n)$ – показатель эффективности ПАС; δ_i – коэффициент влияния ПАС на показатели грузовых перевозок и эксплуатационные показатели дороги на рассматриваемом этапе её функционирования (коэффициента эффективности ПАС); $\Delta\delta$ – изменения коэффициента эффективности ПАС.

Исходя из исследования разработана методика оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, включает в себя модель и алгоритм оценки эффективности функционирования альтернативных вариантов систем управления контролем движения на дороге и рационального их выбора [199], удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса ОГ. Для научного обоснования применения новых технологических решений, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса ОГ, с учетом установленного критерия: коэффициента эффективности программно-аппаратных средств (δn). Алгоритм оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС представлен на рисунке 2.22 [73, 112].



Рисунке 2.22 – Алгоритм оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

Представленный алгоритм оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС позволяет на основе сформированных показателей эффективности их функционирования и ТЭП автомобильной дороге, осуществить выбор оптимального варианта ТСК, удовлетворяющим требования по организации контроля ОГ. Предложенная методика оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС защищена свидетельствами ПЭВМ (№ 2022666496 и № 2022610886) [100, 101].

2.5 Научно-методический аппарат построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

Отсутствие единых требований и стандартов к применяемым средствам и вновь создаваемым ТАИУС ДОГ ТС, приводит к нечеткому пониманию концепции их развития. В данной исследовании сформировано понятие ТАИУС ДОГ ТС, исследуется научно-методический аппарат построения данной системы на дорожных дорогах при формировании аппаратно-технического, программного, информационного и методического обеспечения. Телематическая автоматизированная система управления представляет собой органичное сочетание телематических технологий и системы автоматизированной управления [117-119].

Проведённые научные изыскания включает в себя разработанные модели, методики и алгоритмы позволили сформировать структурно-логическую схему реализации комплексной методики построения ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 2.23).

Алгоритм реализации мониторинга движения транспортных средств с опасными грузами при внедрении ТАИУС ДОГ ТС на основе распознавания QR-кодов показан на рисунке 2.24. Процесс включает автоматический контроль движения на дорожных участках, где идентификация, мониторинг и передача данных осуществляются через QR-коды с помощью технических средств контроля системы. При прохождении контрольного пункта система автоматически считывает:

- регистрационные данные ТС;
- параметры опасных груза и маршрута движения;
- техническое состояние ТС;
- экологические показатели.

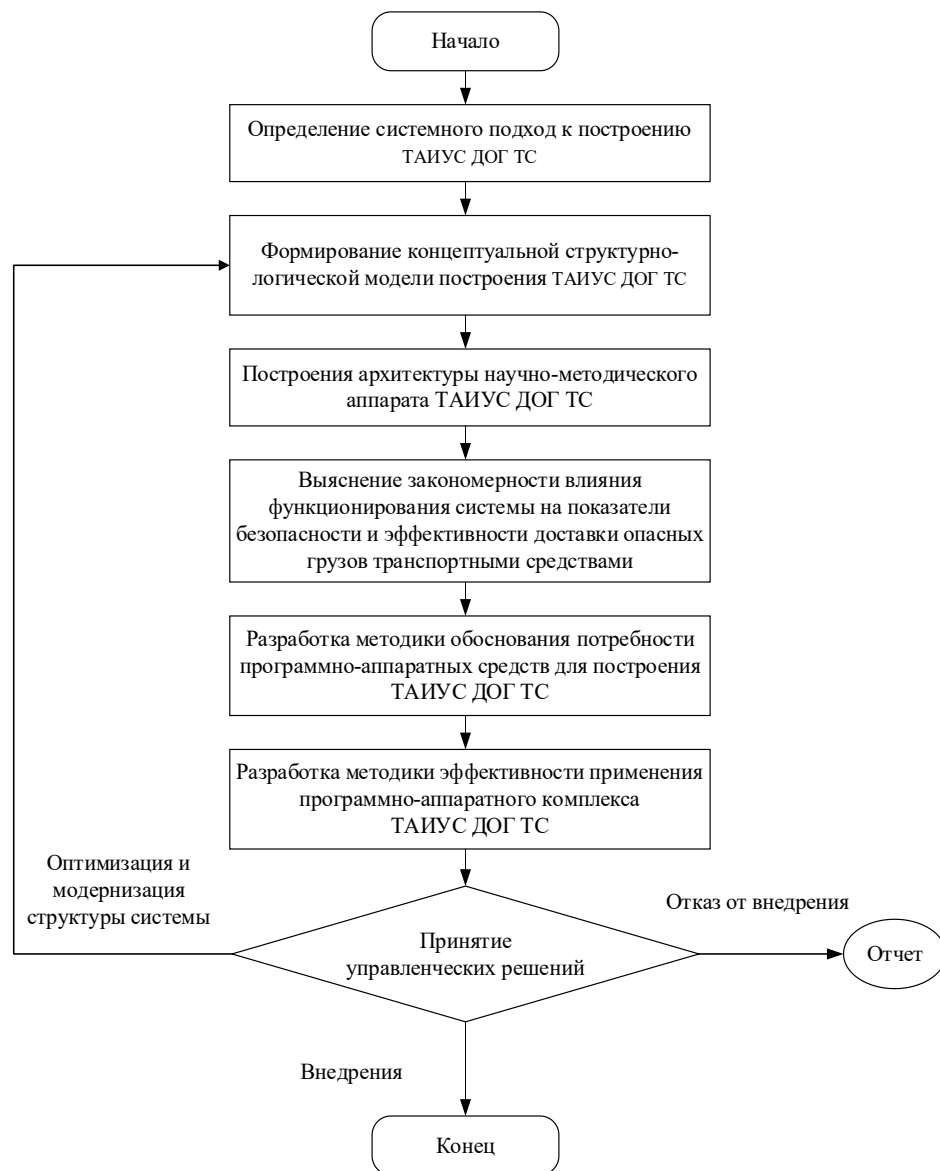


Рисунок 2.23 – Последовательность реализации комплексной методики построения ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

Эти необходимые данные передаются в центр обработки оператора. При успешной верификации QR-кода с базой данных ТС получает разрешение на дальнейшее движение с фиксацией параметров. В случае ошибки распознавания транспорт останавливается для дополнительной проверки. Ключевой функцией системы является минимизация временных затрат на транспортировку ОГ за счет: оперативной обработки информации; автоматизированного принятия решений (Рисунок 2.25); передачи данных через навигационные станции коррекции. Контрольные пункты оснащены оборудованием для идентификации ТС и передачи сведений по защищенным каналам связи. Обработанная информация поступает на сервер и предоставляется ответственным лицам в удобном для анализа формате [145–149]. Таким образом модель построения ТАИУС ДОГ ТС создана (Рисунок 2.26).

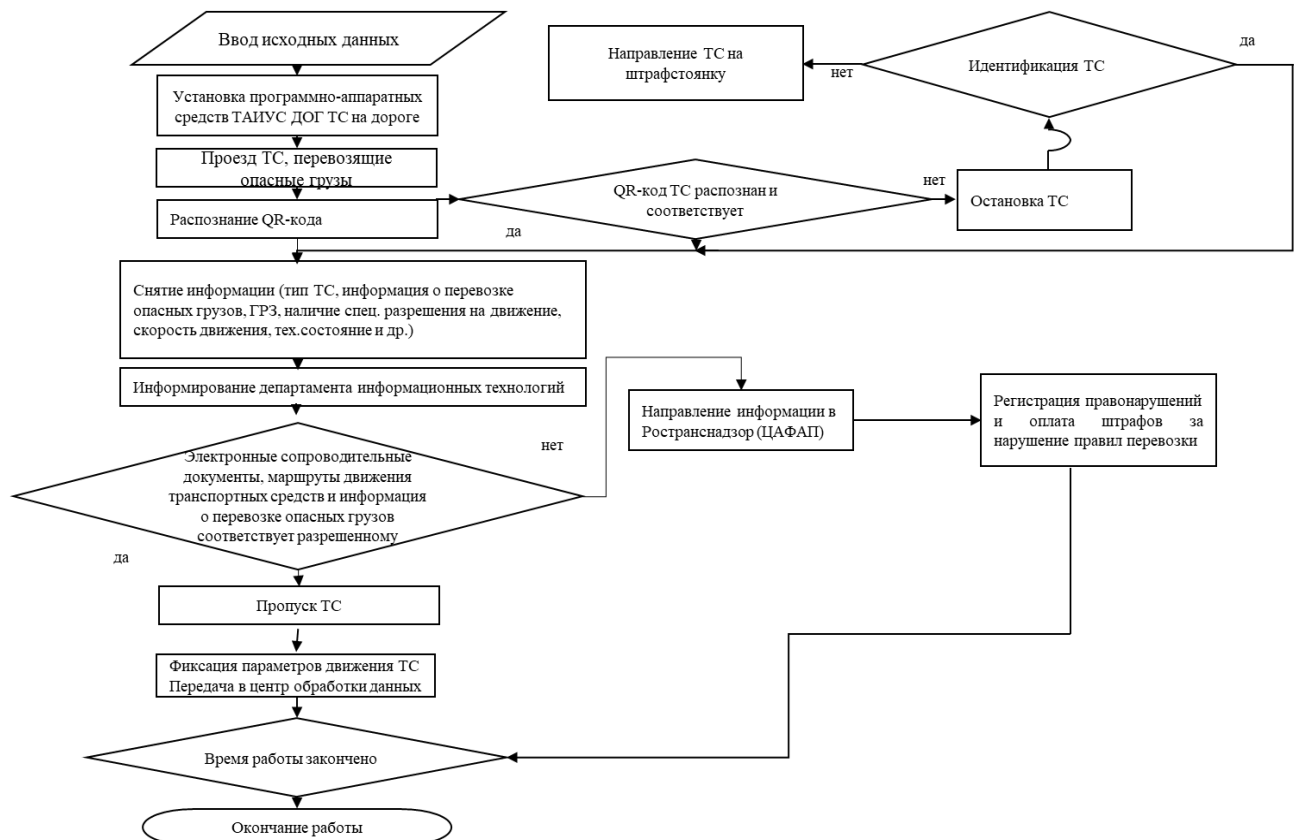


Рисунок 2.24 – Алгоритм реализации мониторинга движения ТС [составлено автором]

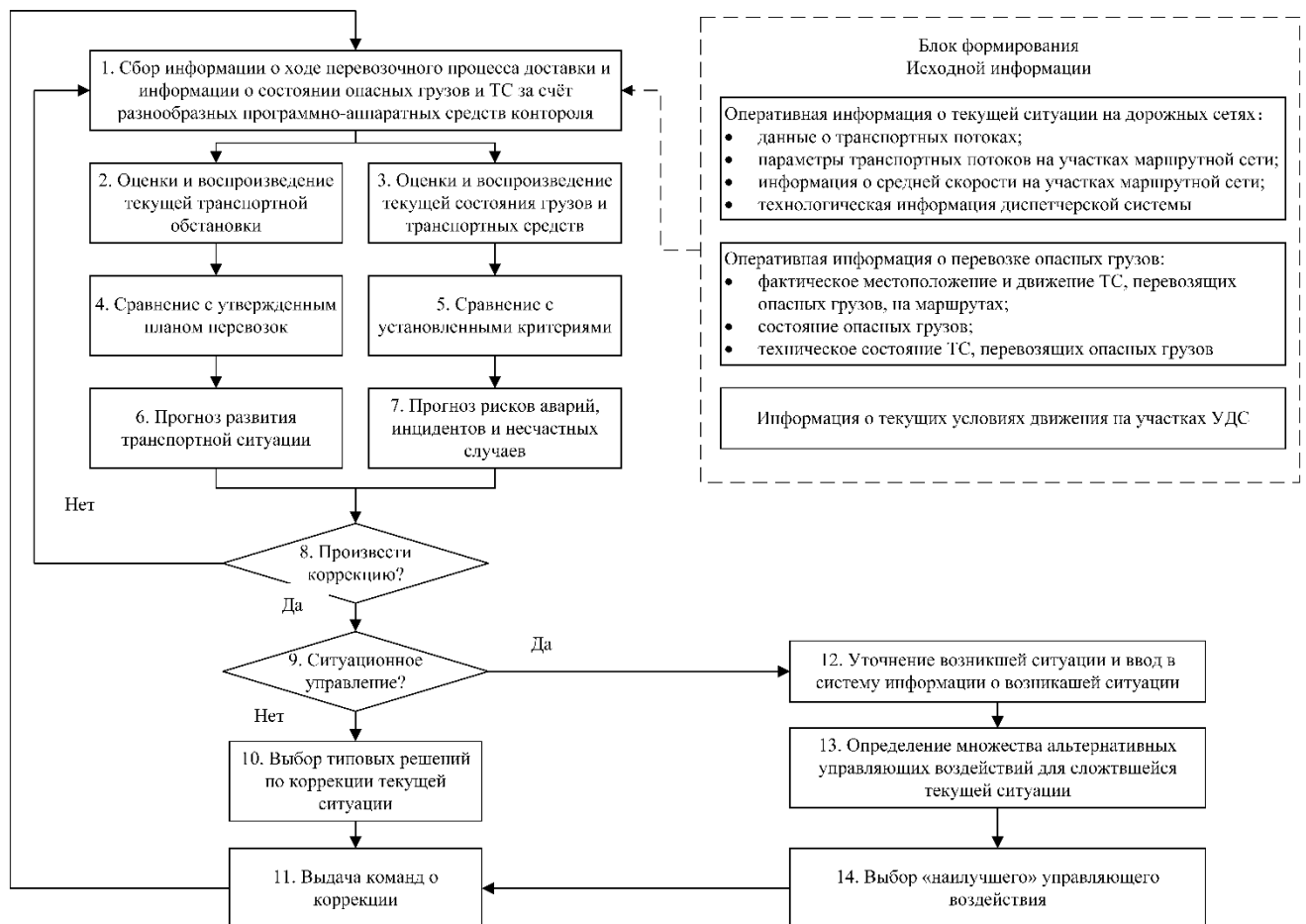


Рисунок 2.25 – Алгоритмы автоматизированного принятия управленческих решений при внедрении ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]



Рисунок 2.26 – Модель построения ТАИУС ДОГ ТС [составлено авторам]

2.6 Выводы по главе 2

1. Разработанный методологический аппарат включает алгоритмические решения и методологические подходы для создания информационно-аппаратного комплекса, направленного на цифровизацию транспортных операций.

2. Установлены закономерности влияния параметров функционирования ТАИУС ДОГ ТС на показатели безопасности и эффективности перевозочного процесса ОГ в условиях варьирования условий движения транспортных средств, позволяющей объективно оценивать ее многокритериальную структуру.

3. Предложена методика обоснования требований к программно–аппаратным средствам ТАИУС ДОГ ТС, которая включает в себя:

- алгоритм рационального выбора программно–аппаратных средств ТАИУС ДОГ ТС исходя из условий и специфики применения на дороге общего пользования;
- экспериментально установленный обобщенный критерий: степени идентификации состояния ОГ (P_i)

4. Разработана методика оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, которая включает в себя:

- модель и алгоритм оценки эффективности функционирования альтернативных вариантов систем управления контролем движения на дороге и рационального их выбора, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса ОГ;
- установленный коэффициент эффективности программно–аппаратных средств (δn).

5. Предложена комплексная методика построения ТАИУС ДОГ ТС, отличающаяся тем, что включает в себя модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений по уточнению структуры системы и порядка ее организации, защищённые патентами и свидетельствами программ для ЭВМ [75, 76, 100-102], с учетом фактических ограничений её использования в конкретных условиях движения транспортных средств с опасными грузами, повышающая эффективность перевозочного процесса ОГ.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ СРЕДСТВАМ ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

3.1 Планирование эксперимента для обоснованию требований к программно-аппаратным средствам

В рамках экспериментального исследования были поставлены следующие задачи:

1. Количественная оценка влияния различных факторов.
2. Анализ механизмов их воздействия.
3. Интерпретация результатов идентификации параметров грузов.

Экспериментальные исследования проводились с применением специализированного автоматизированного комплекса ОМТС–Q1, включающего следующие компоненты:

1. Мобильное устройство фотовидеофиксации на треножной установке.
2. Автономный источник питания (аккумулятор).
3. Вычислительный блок со специализированным ПО.

Функциональное назначение данного комплекса:

1. Формирование информационной базы данных.
2. Сбор параметров транспортировки опасных веществ.
3. Документирование условий перевозки.

Техническое оснащение данной установки:

1. Фоторадарный модуль "Крис–П" (Рисунок 3.1).
2. Технические характеристики написано в документе [80].

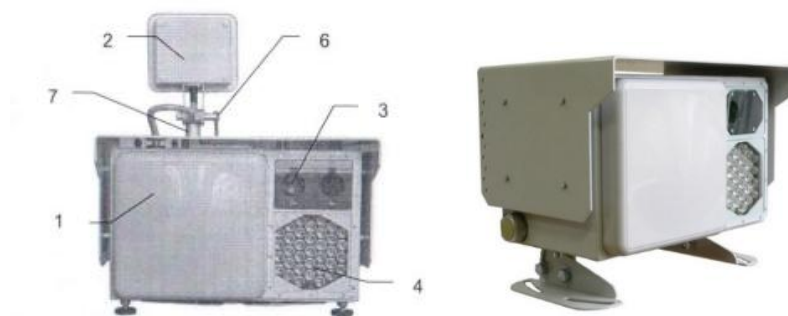


Рисунок 3.1 – Фоторадарный комплекс «Крис–П» [80]

Предложено техническое решение для мониторинга ОГ и транспортных средств на основе технологии QR–кодов, позволяющее оперативно получить из внутренней среды основные данные, необходимые для контроля процессом перевозки ОГ по техническим средствам распознавания QR–кодов. QR–код можно считывать любым электронным устройством,

имеющим сканер, однако прочитанная информация будет отображена в виде шестнадцатеричных чисел, непонятных для человека [68, 89, 97, 142]. Для преобразования этой информации в понятный для человека вид, необходимо воспользоваться программой Readlogs. На стенде считывание QR-кода происходит на отдельном персональном компьютере (либо ноутбуке), к которому через USB соединение подключена камера, установленная в фоторадарном комплексе «КРИС–С». На ноутбуке запускается программа, написанная на языке Python, обращающаяся к подключенной камере и получающая с нее потоковое изображение. На полученном потоковом изображении происходит поиск QR-кодов, и в случае их обнаружения – декодирование и запись в текстовый файл. Во время работы программы на экране компьютера появляются окна с полученным изображением с камеры и распознанными данными. Текстовый файл, созданный программой, содержит декодированную информацию с QR-кода в виде шестнадцатеричных чисел, которые можно расшифровать в программе Readlogs путем открытия в ней данного файла. QR-код способен передавать всю информацию (о состоянии ОГ и техническом состоянии агрегата или машины в целом) сразу и в полном объеме. Радиосигнал передает информацию последовательно, т.е. для получения полного объема данных требуется небольшое количество времени, за которое другие параметры могут измениться, что в целом может привести к не совсем достоверным данным о работе агрегата. Кроме того QR-код можно использовать в качестве доказательной базы о наличии или отсутствии каких-либо неисправностей и ошибок в работе транспортного средства в случае ЧС.

В рамках экспериментальной части исследования была проведена серия практических испытаний для подтверждения достоверности разработанной методики оценки потребности в технических средствах контроля и анализа факторов, влияющих на их эффективность ТСК. Основой для проведения экспериментов послужил автоматизированный измерительный комплекс ОМТС–Q1, представленный на рисунке 3.2, который применялся для точной идентификации текущего состояния перевозимых ОГ. В ходе испытаний особое внимание уделялось проверке работоспособности предложенного методического подхода, оценке степени влияния различных внешних и внутренних факторов на точность измерений, а также определению надежности получаемых результатов. Полученные экспериментальные данные позволили не только подтвердить теоретические положения исследования, но и установить количественные характеристики погрешностей, что в конечном итоге способствовало уточнению границ применимости разработанной методики в реальных условиях эксплуатации.

Были проведены эксперименты: QR-коды, содержащие различную информацию (количество символов) (Рисунок 3.3) на дисплее автоматизированного комплекса ОМТС–Q1, распознавались с помощью различных устройств в разных условиях. На рисунке 3.4 отражена

зависимость между количеством символов QR-кода и максимальным расстоянием распознавания различными устройствами.



Рисунок 3.2 – Схема работы автоматизированного комплекса OMTC–Q1[составлено автором]



Рисунок 3.3 – QR-коды, содержащие различную информацию (количество символов) на дисплее автоматизированного комплекса OMTC–Q1 [составлено автором]

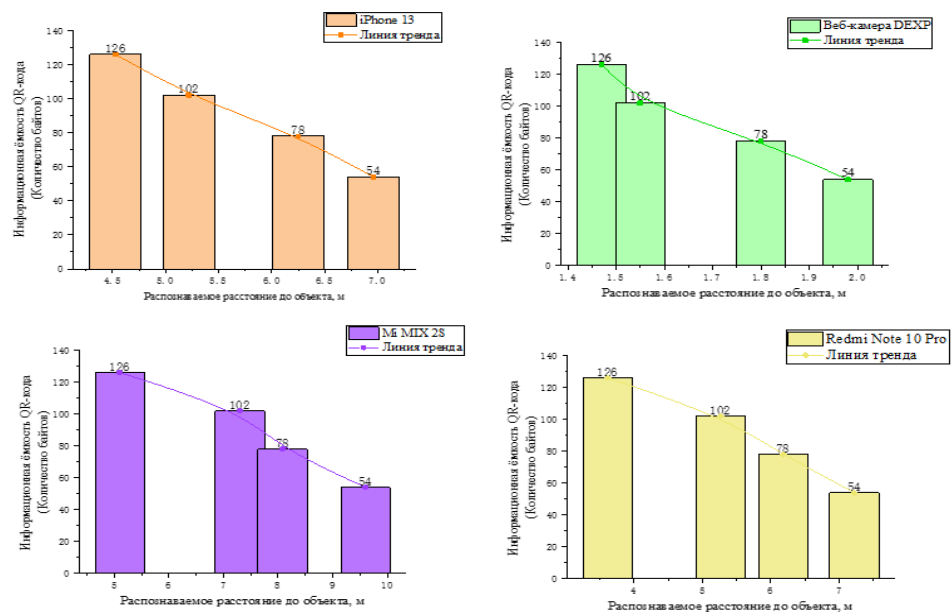


Рисунок 3.4 – Зависимость между количеством символов QR-кода и максимальным расстоянием распознавания различными устройствами [составлено автором]

В ходе экспериментального исследования выявлены, влияющие факторы на эффективность распознавания (степень идентификации состояния ОГ) с использованием QR-кода: технические характеристики средств измерения ПАС; расстояние до объекта идентификации (A); размеры QR-кодов (B); объем данных кодированных символов (количество символов) (C); скорость движения объекта распознавания (D); измерение угла идентификации оборудования.

В работе метод поверхности отклика (RSM, response surface methodology) используется для оптимизации дизайна экспериментов по факторам, влияющим на степень распознавания QR-кода в состоянии движения в диапазоне, допустимом условиями эксперимента. Полученные выводы могут подтвердить технические требования к измерительному оборудованию для системы мониторинга на основе QR-кода и послужить полезным ориентиром для рационального выбора и размещения оборудования для распознавания и обнаружения. Существенные факторы эксплуатации (СФЭ) влияют на функционирование системы управления, определяя объект распознавания или его окружение либо внося те или иные вариации во входные данные, которые существенным образом могут влиять на выходные результаты работы системы. СФЭ в общем могут относиться к воспринимаемой измерительными средствами сцене целиком и каждому отдельному объекту распознавания в частности.

Взаимосвязь между влияющими факторами и степенью идентификации состояния ОГ с использованием QR-кодов определяется уравнением 3.1:

$$Y_P = f\{x_{p_1}, x_{p_2}, x_{p_3} \dots x_{p_n}\}, \quad (3.1)$$

где Y_P – степень идентификации состояния ОГ;

$x_{p_1} \dots x_{p_n}$ – факторы влияния на степени идентификации.

Способность фокусировки и эффект изображения измерительных устройств (например, камер смартфонов или сканеров QR-кодов) варьируются в зависимости от расстояния, что в свою очередь влияет на распознавания QR-кодов. Таким образом, расстояние считывания принято в качестве фактора, влияющего на степень идентификации QR-кода. Размер кода был тестовым фактором, соответствующим размеру модуля при заданном разрешении принтера. Хотя размер кодированных символов не влияет непосредственно на скорость чтения при фиксированном расстоянии, в данном исследовании этот фактор также учитывался при переменном расстоянии и движущейся обработке. В отличие от статического состояния, скорость перемещения была важным фактором в процессе движения. Были отобраны четыре фактора и проведено исследование, целью которого было получение диапазона значений факторов (Таблица 3.1) [176].

Таблица 3.1 – Диапазон значений каждого фактора в имитационном эксперименте [составлено автором]

Уровни	Факторы			
	Расстояние считывания	Размер кода	Количество символов	Скорость движения
Верхняя точка куба (–1)	35	10	20	2,0
Верхняя осевая точка (–0,5)	78,75	22,5	40	2,375
Центральная точка (0)	122,5	35	60	2,75
Нижняя осевая точка (+0,5)	166,25	47,5	80	3,125
Нижняя точка куба (+1)	210	60	100	3,5

Каждый пункт эксперимента повторялся двадцать раз, а среднее значение считываемости QR-кода выступало в качестве значения отклика. Экспериментальные результаты были подогнаны под полиномиальное уравнение второго порядка методом множественной регрессии. Квадратичная модель для прогнозирования оптимальной точки была выражена следующим образом (формула 3.2):

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i \chi_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} \chi_i \chi_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=j+1}^k \beta_{ij} \chi_i \chi_j + \varepsilon_{ij}, \quad (3.2)$$

где Y – значение отклика;

β_0 , β_i , β_{ii} , β_{ij} – коэффициенты регрессии для перехвата, линейного, квадратичного коэффициентов и коэффициентов взаимодействия соответственно;

χ_i и χ_j – независимые переменные;

k – количество факторов.

3.2 Результаты экспериментального исследования по оценке влияния факторов на эффективность функционирования программно-аппаратных средств в перевозочный процесс опасных грузов транспортными средствами контроля с использованием QR-кодов

Эксперименты проводились в соответствии с матрицей дизайна программного обеспечения DesignExpert (таблица 3.2). Для оценки значимости модели на 95–процентном доверительном уровне использовался статистический тест F–значение. Результаты квадратичной модели в форме ANOVA приведены в таблице 3.3. Значение F–критерия, равное 17,32, свидетельствует о значимости модели. Вероятность того, что значение F может быть получено из–за шума, составляет всего 0,01%. Кроме того, значения P меньше 0,05 указывают на то, что условия модели значимы. Незначительный уровень подгонки указывает на хорошую подгонку модели. В результате регрессии тестовых данных, взаимосвязь между независимыми и зависимыми переменными определяется математическая модель (формула 3.3):

$$Y = 107.445 + 0.180304 A + 1.93546B - 1.02543C + 1.54444D + 0.00871AB + 0.000089AC +$$

$$0.0142857AD - 0.0015625BC + 0.25BD - 0.03125CD - 0.00182247A^2 - 0.0543252B^2 + 0.0100292C^2 - 7.02805D^2, \quad (3.3)$$

где Y – степень идентификации QR-кода, A – расстояние считывания, B – размер кода, C – кодированные символы, D – скорость движения объекта распознавания.

Таблица 3.2 – Разработанная RSM матрица и полученное значение отклика [составлено автором]

Порядок выполнения	Расстояние считывания (мм)	Размер кода (мм)	Количество символов (байт)	Скорость перемещения (м/мин)	Читаемость QR-кода (%)
1	122,5	35	80	2,75	95
2	210	60	100	2	90
3	122,5	35	60	2,75	95
4	35	60	20	3,5	0
5	122,5	47,5	60	2,75	90
6	210	10	20	3,5	25
7	166,25	35	60	2,75	85
8	35	10	100	2	100
9	210	10	100	3,5	20
10	210	60	20	2	90
11	210	10	100	2	75
12	122,5	35	60	2,375	95
13	122,5	35	60	3,125	80
14	122,5	35	60	2,75	90
15	210	60	20	3,5	55
16	122,5	35	60	2,75	75
17	35	60	20	2	35
18	122,5	35	60	2,75	70
19	122,5	22,5	60	2,75	70
20	210	10	20	2	55
21	122,5	35	60	2,75	95
22	122,5	35	40	2,75	90
23	35	10	20	2	100
24	35	10	100	3,5	40
25	35	60	100	3,5	10
26	35	10	20	3,5	35
27	35	60	100	2	30
28	122,5	35	60	2,75	80
29	78,75	35	60	2,75	85
30	210	60	100	3,535	45

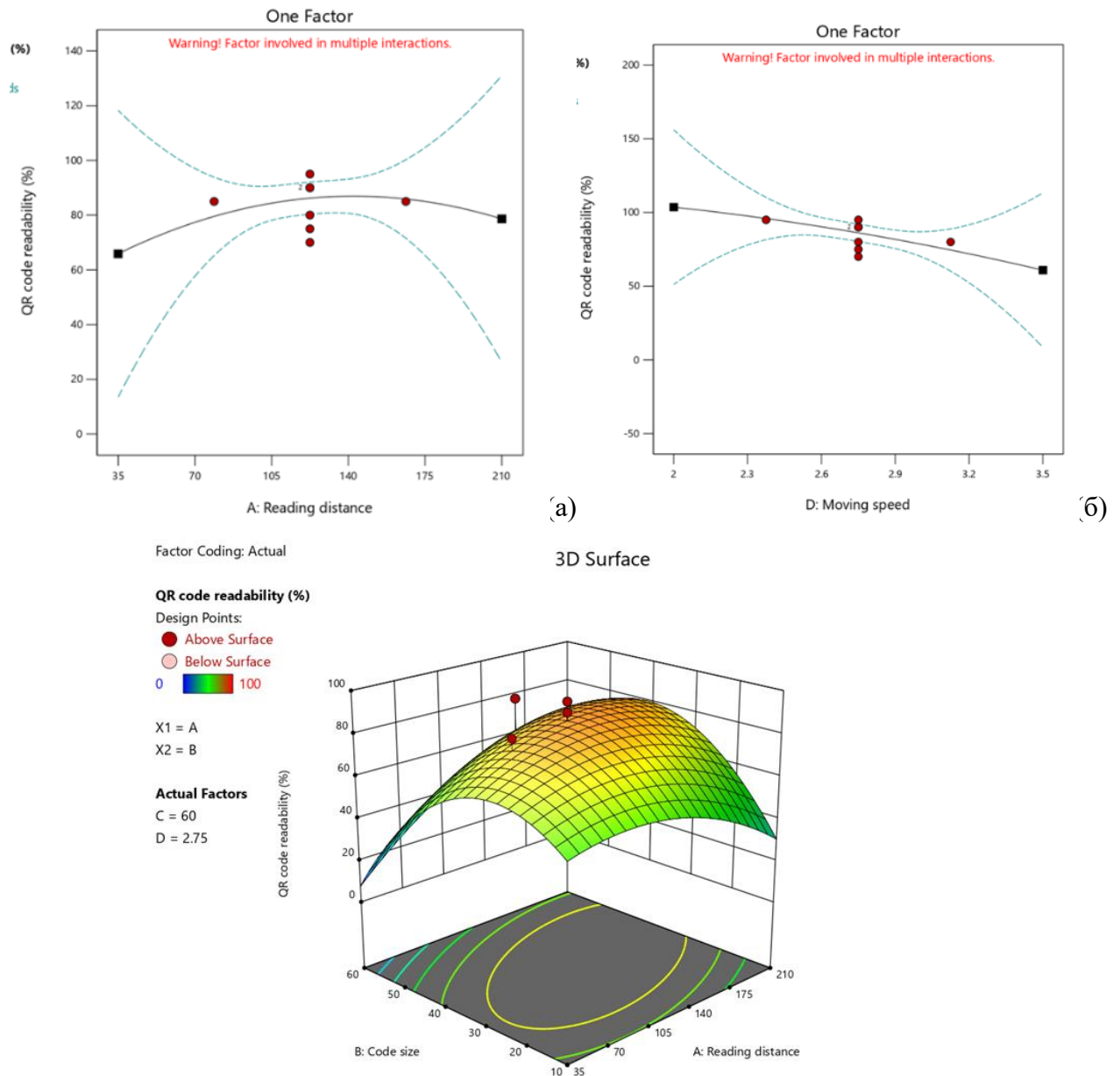
Таблица 3.3 и уравнение (3.3) оказывают, что уровень влияния факторов на степень идентификации QR-кода можно представить следующим образом: скорость перемещения объекта распознавания > расстояние считывания > размер QR-кода > кодированные символы. Основные факторы (расстояние считывания и скорость перемещения) оказывают значительное влияние на ответ ($P < 0,05$). Существует значительное взаимодействие между расстоянием считывания и размером QR-кода, которое оказывает большое влияние на степень идентификации QR-кода.

Таблица 3.3 – Результатов дисперсионного анализа уравнения регрессии степени идентификации
[составлено автором]

Источник	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Значение F–критерия	p–значение
Модель	23974.12	14	1712.44	17.32	< 0.0001
А–расстояние считывания	668.18	1	668.18	6.76	0.0201
В–размер кода	437.88	1	437.88	4.43	0.0526
С–Количество символов	18.56	1	18.56	0.1877	0.6710
Д–скорость движения	7530.68	1	7530.68	76.15	< 0.0001
AB	5814.06	1	5814.06	58.79	< 0.0001
AC	1.56	1	1.56	0.0158	0.9016
AD	14.06	1	14.06	0.1422	0.7114
BC	39.06	1	39.06	0.3950	0.5391
BD	351.56	1	351.56	3.56	0.0789
CD	14.06	1	14.06	0.1422	0.7114
A ²	32.40	1	32.40	0.3276	0.5755
B ²	191.85	1	191.85	1.94	0.1840
C ²	42.85	1	42.85	0.4333	0.5203
D ²	2.60	1	2.60	0.0263	0.8733
Остаток	1483.38	15	98.89		
Несоответствие	1000.05	10	100.00	1.03	0.5181
Чистая ошибка	483.33	5	96.67		
Общая	25457.50	29			

Связи между основными факторами и откликом представлены на рисунке 3.5. Диаграмма зависимости между расстоянием считывания и степенью идентификации QR–кода при сохранении постоянства остальных факторов на среднем уровне представлена на Рисунок 3.5 а. Очевидно, что степень идентификации QR–кода увеличивается с увеличением расстояния считывания от 35 до 140 мм. Однако дальнейшее увеличение расстояния считывания более 140 мм привело к снижению степени идентификации QR–кода. Это свидетельствует о том, что слишком маленькое или слишком большое расстояние не подходит для считывания. На Рисунок 3.5 б показана зависимость между скоростью перемещения и степенью идентификации QR–кода при сохранении других факторов на среднем уровне. Тенденция к снижению степени идентификации QR–кода сохранялась при увеличении скорости движения. Когда скорость превышает 3,5 м/мин, считываемость (степень идентификации) составляет менее 61%. Это связано с тем, что время считывания каждого кода уменьшается с увеличением скорости. На Рисунок 3.5в показана сильная взаимосвязь между расстоянием считывания и размером QR–кода. Изменение читаемости QR–кода с расстоянием считывания имело тенденцию к увеличению, а затем к уменьшению, как и было показано в однофакторном анализе. С увеличением размера кода

степень идентификации QR-кода увеличивалась, а затем уменьшалась. Это также указывает на то, что QR-код имеет хорошую скорость считывания в диапазоне комбинации среднего значения размера кода и расстояния считывания.



в)

Рисунок 3.5 – Диаграмма взаимосвязи между значимыми факторами и степенью идентификации: а – диаграмма зависимости между расстоянием считывания и степенью идентификации QR-кода; б – диаграмма зависимости между скоростью перемещения и степенью идентификации QR-кода; в – поверхность отклика, зависящая от расстояния считывания, размера кода и степень идентификации QR-кода [составлено автором]

Для получения оптимальных параметров, обеспечивающих высокую читаемость, был использован метод оптимизации, предусмотренный программой DesignExpert. Группа оптимальных решений с теоретической читаемостью 97,03% была получена при расстоянии

считывания 141,45 мм, размере QR-кода 34,58 мм, 100 байтах закодированных символов и скорости движения 2,98 м/мин. Для круглых чисел было проведено 20 тестов при следующих условиях: 141 мм, 35 мм, 100 байт и 3,00 м/мин. Среднее значение считываемости QR-кода составило 95 %, а относительное отклонение – 2,1 %. Это показывает, что при оптимальном параметре считываемости скорость считывания была высокой, а эффективность – хорошей.

Метод искусственных нейронных сетей (далее по тексту – ANN) обладает высокой обучаемостью и способностью идентифицировать и моделировать сложные нелинейные зависимости между входом и выходом системы [20]. Для сравнения метода RSM и метода ANN была использована модель ANN с тремя слоями. Как показано на рисунке 3.6, во входном слое было четыре нейрона, включая расстояние считывания, размер QR-кода, закодированные символы и скорость движения. Скрытый слой содержал 10 нейронов. В качестве одного выходного нейрона использовалась читаемость QR-кода. От входного слоя к скрытому слою использовалось обратное распространение Левенберга–Марквардта в Matlab R2014a. В наборе данных из 30 групп 20 групп были выбраны случайным образом для обучения, 5 групп – для проверки, а остальные 5 групп – для тестирования.

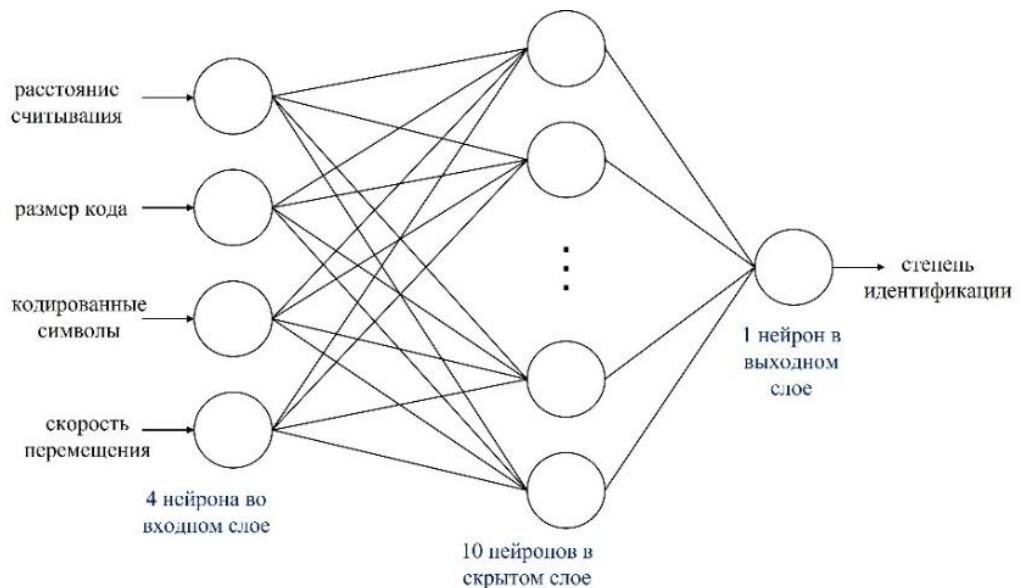


Рисунок 3.6 – Структура ANN для прогнозирования читаемости QR-кода [составлено автором]

Коэффициент детерминации (R^2) важен для описания взаимосвязи данных. Более высокое значение R^2 указывает на хорошее соответствие прогнозируемой модели. Кроме R^2 , также необходима небольшая ошибка между фактическими и предсказанными данными. В данном исследовании для проверки соответствия двух методов использовались среднеквадратичная ошибка (RMSE) (уравнение (3.4)) и среднее процентное отклонение (APD) (уравнение (3.5)). RMSE и APD определяются следующим образом:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_p - y_e)^2}{N}}, \quad (3.4)$$

$$APD = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\left| \frac{y_p - y_e}{y_e} \right| \right) \cdot 100}{N}, \quad (3.5)$$

где N – количество экспериментальных групп;

y_p – прогнозируемое значение;

y_e – экспериментальное значение.

R^2 и RMSE для метода RSM составили 0,9329 и 9,5060 соответственно, в то время как для метода ANN данные показатели приняли следующие значения: 0,9021 и 15,0182. С учетом двух значений оценки видно, что метод RSM прогнозирует точнее, чем метод ANN. Однако значение APD для RSM с 20,6790 выше, чем для ANN с 10,0124, что говорит о том, что метод ANN обладает хорошей точностью. Однако не по всем показателям оценки метод RSM превосходит метод ANN, но по основным параметрам метод RSM доминирует. Таким образом, можно утверждать, что использование метода RSM поспособствовало оптимизации степени идентификации QR-кода в состоянии движения.

В результате экспериментального исследования установлены основные факторы, влияющие на степень идентификации QR-кода: расстояние считывания, скорость движения и взаимодействие между расстоянием считывания и размером кода. Наиболее значим 4-й фактор D (скорость движения) на степень идентификации QR-кода — чем он больше, тем выходной параметр (вероятность считывания) ниже. Оптимальные параметры считывания технических средств контроля, определенные в рамках теоретических условий эксперимента с использованием программы DesignExpert, составили: расстояние считывания – 141,45 мм, размер кода – 34,58 мм, объем закодированных символов – 100 байт, скорость движения – 2,98 м/мин. При этом значении параметров среднее значение читаемости QR-кода составило 95%.

Проведенное экспериментальное исследование показывает, что оптимизация параметров технических средств может значительно улучшить степень идентификации QR-кода, тем самым повышая функциональную эффективность системы мониторинга. Таким образом, разработанная методика, использующая степень идентификации в качестве обобщенного показателя для выбора и оценки технических средств, является достоверной.

3.3 Обоснование требований к программно-аппаратным средствам телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

Ключевым индикатором эффективности ТАИУС ДОГ ТС выступает корреляционный анализ взаимозависимостей показателями организации грузоперевозки и функционированием предлагаемой телематической информационно-управляющей системы. Метод экспертных

оценок – это систематизированный подход к принятию решений, основанный на сборе, анализе и синтезе мнений специалистов в конкретной области. Он применяется в условиях недостатка объективных данных, высокой неопределённости или сложности задачи. Целью экспертной оценки является проверка эффективности интеллектуальных транспортных систем, основанных на технологиях дистанционного мониторинга и информационной автоматизации, в снижении числа аварий и инцидентов с ОГ (показатели безопасности) и увеличении пропускной способности дорог (показатели эффективности). Анализ экспертных данных проводился с использованием рангового метода, в этом случае эксперт предоставляет информацию в относительном смысле, например, ранжируя несколько факторов влияния в соответствии с их важностью. Каждый участник исследования должен распределять показатели в соответствии с их приоритетностью, что обеспечило объективное выделение наиболее критичных критериев.

Метод оценки согласованности экспертов на основе корреляции позволяет судить о согласованности группы экспертов, используя различные меры корреляции для измерения степени сходства между информацией об оценке отдельного эксперта и группы экспертов. Кендалла (W–Кендалла) – это непараметрический статистический метод оценки степени согласованности оценок, данных несколькими оценщиками одному и тому же набору объектов для порядковых данных (например, рейтингов, оценок). Основная идея заключается в том, чтобы определить, являются ли результаты оценки статистически значимыми с точки зрения согласованности, путем сравнения различий в порядке рангов, присвоенных оценщиками.

Экспертная оценка основана на комплексном исследовании эффективности автоматизированной системы управления транспортными процессами с привлечением профильных специалистов, обладающих фундаментальными знаниями и значительным практическим опытом в данной сфере. Для проведения исследования по определению влияния функционирования ТАИУС ДОГ ТС на безопасность и эффективность перевозки ОГ составлен анкет (приложении А). Важно, чтобы эксперты представляли различные регионы и учреждения (научные организации, транспортные компании, органы государственного управления), что позволяет снизить субъективные отклонения и обеспечить комплексность оценки. Полученные результаты анкетирования были обобщены и обработаны, а полученные результаты представлены в таблице 3.4. Определены коэффициенты конкордации Кендалла $W_{Y1} = 0.78$, $W_{Y2} = 0.80$. Установленная согласованность экспертов - сильная.

Таблица 3.4 – Результаты экспертной оценки после обработки [составлено автором]

Ранг	Факторы	Средний балл Y1 – пропускная способность дорог	Факторы	Средний балл Y2 –число аварий и инцидентов с опасными грузами
1	X ₇	9.4	X ₁₀	9.1
2	X ₆	8.05	X ₉	8.2
3	X ₅	7.2	X ₇	7.45
4	X ₁₀	6.3	X ₈	6.8
5	X ₉	5.5	X ₅	6.1
6	X ₄	4.9	X ₆	5
7	X ₁	4.1	X ₄	4.05
8	X ₃	3.15	X ₃	3.3
9	X ₈	2.4	X ₁	2.55
10	X ₂	1.85	X ₂	1.9

Корреляционный метод Пирсона позволяет количественно оценить степень согласованности между индивидуальными экспертами и групповой оценкой, а также проверить соответствие экспертных данных математической модели. Методика предполагает разбиение выборки на интервалы с последующим расчетом частоты попадания наблюдений в каждый интервал. Полученные значения обрабатываются по стандартной формуле критерия Пирсона, что дает возможность объективно оценить уровень консенсуса в экспертной группе и достоверность результатов. Преимуществами метода являются его универсальность, воспроизводимость и возможность математической верификации субъективных экспертных оценок. В таблице 3.5 представлены критические значения критерия Пирсона со степенью свободы $\nu = 11$.

Таблица 3.5 – Критические значения критерия Пирсона [171]

ν	P	
	0,05	0,01
11	19,675	24,725

χ^2_{Y1} равняется 1.25, χ^2_{Y2} равняется 0.56. В тесте хи-квадрат со степенью свободы 11 критическое значение обычно составляет 19,675 при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и 24,725 при уровне значимости $\alpha = 0,01$. Значения, рассчитанные для двух групп, значительно ниже этого критического значения, что говорит о том, что разница между экспертными оценками и теоретическими рейтингами (результатами моделирования) невелика. Таким образом, результаты регрессионного статистического анализа, подтвержденные коэффициентом Кендалла и критерием Пирсона, в значительной степени совпали с результатами экспертной

оценки, что свидетельствует о том, что теоретическая модель эффективно отражает основное влияние ТАИУС ДОГ ТС на безопасность и эффективность организации перевозки ОГ, имеют высокая согласованность.

3.4 Выводы по главе 3

1. Предложено техническое решение для мониторинга состояния ОГ и транспортных средств на основе технологии QR-кодов, с помощью которого были определен уровень влияния различных частных факторов на степень идентификации состояния ОГ, на основе было проведено экспериментальное исследование. Выявлены влияющие факторы на эффективность распознавания с использованием QR-кода: технические характеристики средств измерения ПАС; расстояние до объекта идентификации; размеры QR-кодов; количество символов; скорость движения объекта распознавания; измерение угла идентификации оборудования.

2. Установлены основные факторы, влияющие на степень идентификации состояния ОГ на основе распознавания QR-кода: расстояние считывания, скорость движения и взаимодействие между расстоянием считывания и размером кода. Наиболее значим 4-й фактор D (скорость движения) на степень идентификации QR-кода — чем он больше, тем выходной параметр (вероятность считывания) ниже. Оптимальные параметры считывания технических средств контроля, определенные в рамках теоретических условий эксперимента составили: расстояние считывания – 141,45 мм, размер кода – 34,58 мм, объем закодированных символов – 100 байт, скорость движения – 2,98 м/мин. При этом значении параметров среднее значение читаемости QR-кода составило 95%. Проведенное экспериментальное исследование показывает, что оптимизация параметров технических средств может значительно улучшить степень идентификации QR-кода, тем самым повышая функциональную эффективность системы мониторинга.

3. Экспертная оценка влияния функциональности ТАИУС ДОГ ТС на процесс перевозки ОГ и проверка результатов анкетирования с помощью критерия Пирсона подтвердили высокую степень согласованности мнений экспертов. Результаты экспертной оценки подтвердили закономерность влияния применения ТАИУС ДОГ ТС на показатели безопасности и эффективности перевозки ОГ, полученную в ходе теоретического исследования. Результаты проведенного анализа позволяют определить, что наиболее важными факторами, влияющими на показатели безопасности и эффективности перевозочного процесса ОГ в условиях варьирования условий движения транспортных средств, являются оперативность управления, состояние ОГ и средняя скорость движения транспортного средства. В связи с этим при выборе системного аппаратно-программного обеспечения и оценке эффективности технических решений необходимо учитывать изменение параметров этих влияющих факторов.

ГЛАВА 4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

4.1. Разработка предложений и рекомендаций по построению телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

Главная задача ТАИУС ДОГ ТС заключается в комплексном контроле и управлении процессом перевозки ОГ, снижении возможных рисков [1, 3] и сокращении временных затрат, связанных с их транспортировкой. Принятие управленческих решений осуществляется за счёт оперативного обмена данными, их обработки и представления в удобном для анализа формате.

Прежде чем переходить к конкретным рекомендациям по созданию ТАИУС ДОГ ТС, необходимо выделить ключевые факторы, повышающие безопасность и эффективность управления. К ним относятся:

1. Перенос функций контроля и управления перевозкой ОГ с должностных лиц, работающих на стационарных пунктах, на современные мобильные технические средства. Такие устройства способны автоматически реагировать на характеристики грузов, состояние транспортных средств и дорожную обстановку, а также инициировать необходимые меры (например, корректировку маршрута) при обнаружении отклонений.

2. Интеграция различных ТСК в единую автоматизированную систему, что обеспечивает выполнение задач с минимальным участием операционного персонала и повышает эффективность мониторинга и анализа перевозочного процесса.

3. Создание специализированных подразделений, занимающихся внедрением, эксплуатацией и обслуживанием телематических систем. Это позволит обеспечить стабильную работу системы и постоянное повышение квалификации специалистов.

Внедрение передовых информационных технологий в существующие управленческие процессы значительно упрощает и повышает эффективность работы служб, отвечающих за безопасность перевозок, благодаря ускоренной обработке, хранению и передаче информации, а также снижению зависимости от ручного труда.

Обеспечение безопасности транспортировки ОГ требует комплексного подхода, который сочетает современные методы мониторинга, анализа данных и оперативного управления. Разрабатываемая телематическая система ориентирована на минимизацию аварийных рисков, оптимизацию логистики и интеграцию с государственными информационными системами.

4.1.1 Разработка физической архитектуры построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

Вопросы построения ИТС неразрывно связаны с внедрением программно–аппаратных комплексов управления движением транспортных средств в транспортную систему на основе развития цифровых технологий в этой области, что позволит значительно повысить социально–экономические и экологические показатели перевозочного процесса доставки грузов за счет увеличения пропускной способности дорог, экономии рабочей силы и снижения количества ДТП. Совершенствование средств и эффективных систем надзора в сфере транспорта, в том числе автоматизированных средств и информационных систем надзора и контроля с применением дистанционных методов позволит значительно повысить безопасность их дорожного движения.

Требования к архитектуре ТАИУС ДОГ ТС можно разделить на несколько ключевых категорий [2, 3, 5, 12, 47, 108, 111, 115, 206, 209]:

1. Основные функциональные требования

- обеспечение мониторинга состояния ТС и ОГ в реальном времени.
- поддержка маршрутизации и оптимизации путей доставки с учетом особенностей перевозки ОГ.

- автоматизация процессов учета и документирования грузов.

- реализация функций уведомления о событиях и аварийных ситуациях.

2. Нефункциональные требования

- надежность: система должна гарантировать высокую доступность и стабильность работы [29, 49].

- масштабируемость: возможность расширения системы для работы с увеличившимся объемом данных и числом пользователей.

- безопасность: защита данных и информации о грузах, шифрование и контроль доступа [32].

- производительность: быстрая обработка и передача данных, минимизация задержек.

3. Архитектурные требования

- модульность: система должна состоять из отдельных модулей, которые могут быть независимо обновлены или заменены.

- интероперабельность: возможность интеграции с другими системами, такими как системы управления транспортом и складом.

- поддержка различных платформ: система должна функционировать на различных устройствах и операционных системах.

4. Требования к пользовательскому интерфейсу

- интуитивно понятный интерфейс для легкости работы операторов и водителей.
- поддержка мобильных устройств для доступа к системе в любом месте.

5. Требования к данным

- единый стандарт для хранения и обработки данных о грузах и транспортных средствах.
- обеспечение целостности и актуальности данных в системе.

6. Требования к сервисам и поддержке

- наличие техподдержки для пользователей системы.
- регулярные обновления системы и возможность добавления новых функциональных возможностей.

Эти требования помогут создать эффективную и безопасную систему для доставки ОГ, способствующую управлению рисками и повышению качества обслуживания клиентов.

В состав предлагаемой архитектуры программно–аппаратного комплекса ТАИУС ДОГ ТС включены следующие компоненты:

1. Аппаратно–технические компоненты [156–160]: аппаратуры спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС для мониторинга местоположения транспортных средств, сенсоры (температуры, давления и т.д.) для контроля состояния груза, мобильные терминалы для водителей и операторов, сервер, обеспечивающий прием пакетов информации, поступающей по каналам сотовой связи, сервер геоинформационной системы, сервер метеоданных веб–серверы; серверы для обработки и хранения данных; блок управления; модуль генерации матриц QR–кодов.

2. Программные компоненты

- система управления базами данных для хранения информации о грузах, маршрутах и транспортных средствах.
- программное обеспечение для аналитики и отчетности, позволяющее анализировать данные и генерировать отчеты.
- модуль маршрутного планирования и оптимизации, учитывающий специфику перевозки ОГ.
- интерфейсы для интеграции с другими системами.

3. Сетевые компоненты

- системы связи для передачи данных (например, сотовая связь, спутниковая связь).
- локальная сеть для соединения всех компонентов в пределах логистического центра или базы.

4. Компоненты безопасности

- системы аутентификации и авторизации для защиты данных и доступа к системе.

- механизмы шифрования для обеспечения конфиденциальности передаваемых данных.
- модули мониторинга безопасности, выявляющие необычные события или нарушения [160–163].

5. Пользовательские интерфейсы

- веб–интерфейс администраторов и операторов с функциями анализа данных.
- мобильные приложения для водителей с функциями получения заданий, обновлений статуса и создания отчетов.

6. Системы поддержки

- центр технической поддержки для пользователей системы.
- документация и обучающие материалы для ознакомления пользователей с функционалом системы.

Использование QR–кода для распознавания и передачи данных о ОГ и ТС. Разработан метод идентификации, основанный на применении адаптивной системы управления и способствующий формированию автоматизированная система удаленного мониторинга ОГ. Этот новый метод использует матричные QR–коды в процессе распознавания. Блок–схема предлагаемой системы показана на рисунке 4.1. В предлагаемой системе идентификации ОГ включены последовательно преобразователь сигнала матричного QR–кода, приемопередатчик по определенному каналу связи в сеть с последующей доставкой оперативной переданной информации пользователям, а затем на передатчик, установленный на транспортном средстве. Данная система может быть применена для быстрой передачи информации от ОГ и транспортных средств [63].

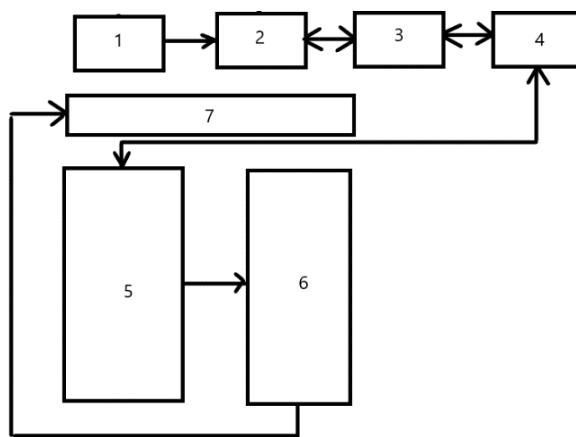


Рисунок 4.1 – Блок–схема автоматической идентификации транспортных средств, перевозящих опасные грузы [63]

Система автоматической идентификации с использованием матричного QR–кода работает по следующей схеме. Сигнал, генерируемый QR–кодом(1), размещенным на транспортных средствах, поступает на программно–аппаратный комплекс (стационарный или

мобильный), оснащенный видеокамерой (2), которая подключена к программному преобразователю (3), способному декодировать QR-код для получения содержащейся в нем информации. Он передает информацию на приемопередатчик (5) и одновременно фиксирует положение транспортного средства при помощи видеокамеры (2) через запрос/ответчик (4). Информация, полученная в результате распознавания QR-кода, передается приемопередатчиком местному пользователю (7) или в информационный центр по защищенному каналу (6) на основе протокола передачи данных ТСР. Сервер автоматически извлекает из базы данных информацию и соответствующие критерии для проверки. Пользователь системы принимает соответствующие управленческие решения в связи с результатами обработки полученных данных.

Существующая система мониторинга на базе GPS в основном предоставляет информацию о местоположении транспортных средств и оборудования с ограниченной функциональностью, трудно обеспечить эффективный сбор и передачу информации в условиях слабого сигнала и во время непогоды [5, 9, 10, 15–16, 28, 66]. В качестве дополнения к функциональности и точности информации общих систем мониторинга на базе GPS разработана автоматизированная система удаленного мониторинга ОГ на основе матричного QR-кода, защищенная патентом (Патент № 2792386 от 21.03.2023) [76]. Макет данной системы (Рисунка 4.2) демонстрирует принцип работы системы. В автомобиль установлен микроконтроллер, который производит сбор данных с датчиков:

1. Температуры
2. Наличия газов (пропан/метан)
3. Датчик заменяющий электропроводность жидкости



Рисунок 4.2 – Макет системы удаленного мониторинга состояния опасных грузов на основе матричного QR-кода [составлено автором]

Так же могут быть установлены другие датчики. Или блоки хранения информации об наличии документов и разрешения на перевозку ОГ. Данная информация выводится на дисплей в передней части автомобиля в виде QR-кода. Разработка и внедрение данной системы позволит

создать более эффективную и надежную систему контроля, соответствующую современным стандартам безопасности и технологическим требованиям. Создание такой системы, в свою очередь, положительно скажется на улучшении показателей контрольно-надзорной деятельности Федеральной службы по надзору в сфере транспорта.

Анализируя технологическая процесс перевозки ОГ и потребности участников, связанных с этой деятельностью, можно определить основные функции ТАИУС ДОГ ТС, в том числе:

- мониторинг состояния ОГ и сигнализация в реальном времени температуры, давления и уровня горючей или легко воспламеняющейся жидкостей;
- мониторинг и сигнализация в реальном времени положения, скорости и маршрута движения транспортных средств;
- мониторинг и сигнализация кражи и утечки опасных грузов;
- мониторинг в реальном времени и автоматическое управление процессом погрузки и разгрузки опасных грузов;
- управление транспортной информацией, такой как информация о грузоотправителе, грузополучателе, перевозчике, времени отправления и времени прибытия;
- управление чрезвычайными происшествиями, такими как степень опасности грузов, перевозимых транспортными средствами, методы оказания неотложной помощи, время возникновения происшествия и записи данных "черных ящиков";
- электронное управление транспортными средствами, водителями, транспортными разрешениями и документами на перевозку грузов и т.д.

В ходе исследования разработаны предложения по архитектуре программно-аппаратного комплекса ТАИУС ДОГ ТС. Каждая бортовая информационно-управляющая система (БИУС) оснащена модулями передачи данных. Выходная информация включает координаты ТС, его технические параметры и сведения о грузе, а входная – разрешение на движение или корректировку маршрута. Взаимодействие с системой ТАИУС ДОГ ТС осуществляется через голосовые команды и текстовые сообщения. На рисунке 4.3 представлена архитектура ТАИУС ДОГ ТС. Для построения аппаратно-технического обеспечения ТАИУС ДОГ ТС была определена структура, элементы которой разработаны и защищены патентами на изобретение №2786297 от 19.12.2022г. и №2792386 от 21.03.2023г [75, 76].

Технические решения управления перевозочным процессом ОГ транспортными средствами при внедрении ТАИУС ДОГ ТС на автомобильной дороге представлены на рисунке 4.4.

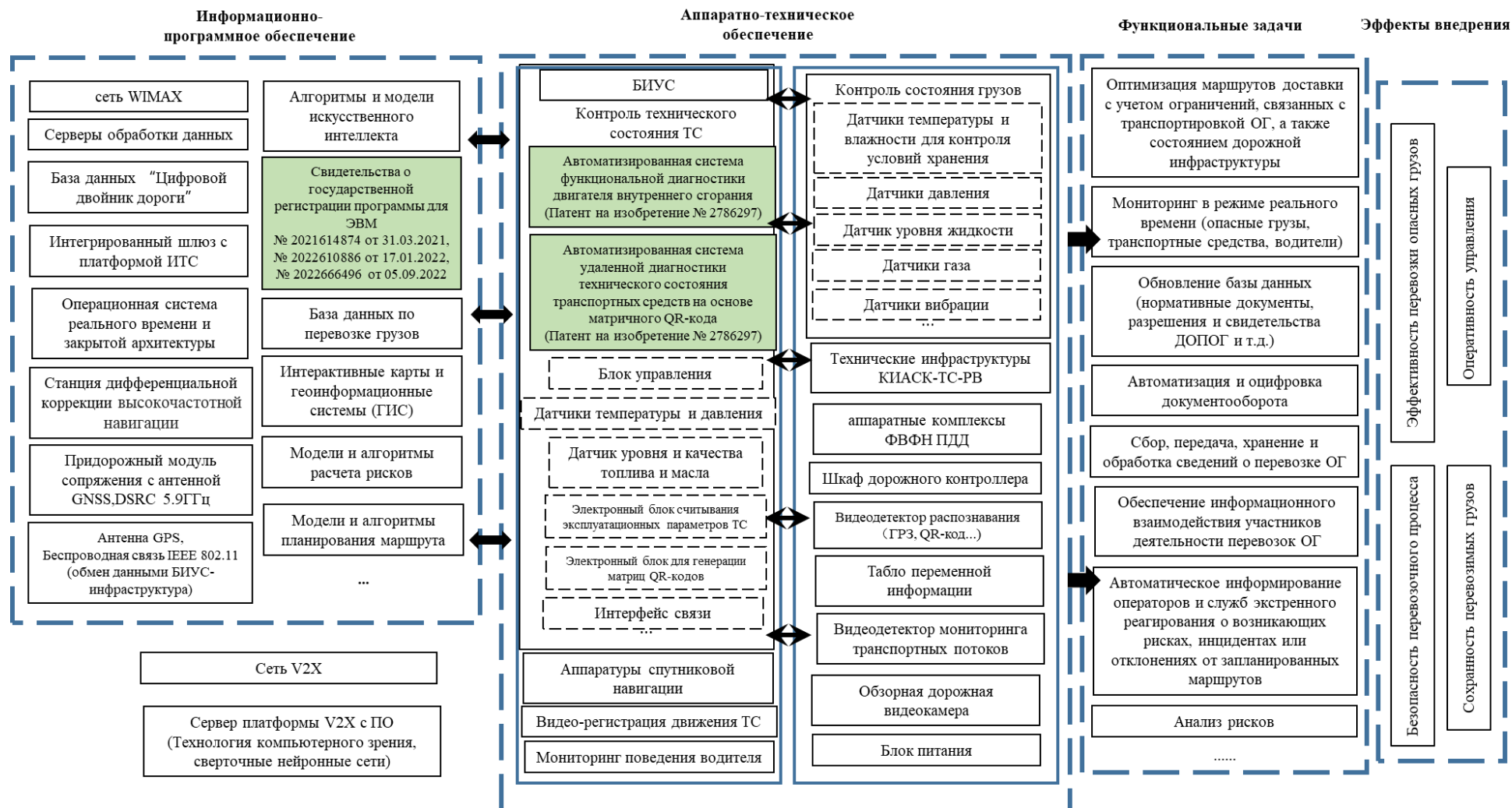
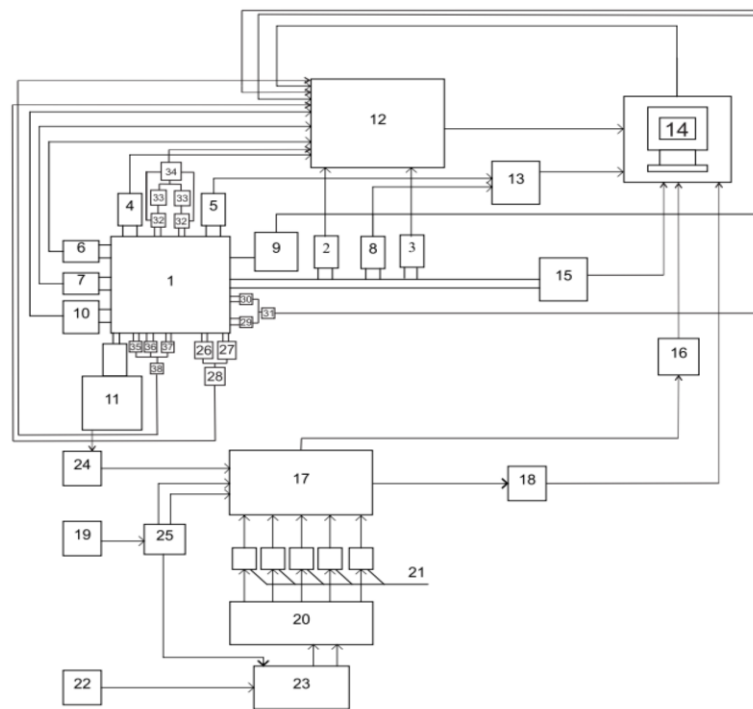
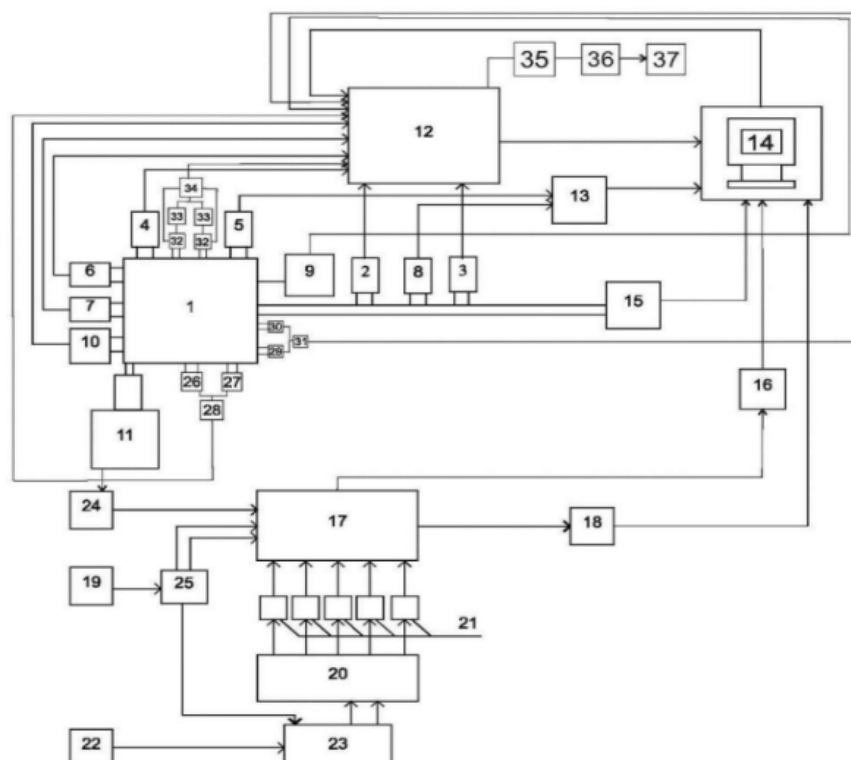


Рисунок 4.3 – Архитектура построения ТАИУС ДОГ ТС [составлено авторам]



а)



б)

Рисунок 4.4 – Разработанные технические решения, способствующие формированию ТАИУС ДОГ ТС: а – Автоматизированная система функциональной диагностики двигателя внутреннего сгорания [75]; б – Автоматизированная система удаленной диагностики технического состояния транспортных средств на основе матричного QR-кода [76]

При принятии решения о создании проекта ТАИУС ДОГ ТС применять разработанную методику обоснования требования к ПАС и методику оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС. Определен этап исследования эффективного использования ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 2.13) и порядок принятия решений по эффективному применению ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Порядок принятия решений по эффективному применению ТАИУС ДОГ ТС
[составлено автором]

При эксплуатации ТАИУС ДОГ ТС рекомендуется использовать:

- Методику обоснования требований к программно–аппаратным средствам ТАИУС ДОГ ТС, которая включает в себя: алгоритм рационального выбора программно–аппаратных средств ТАИУС ДОГ ТС исходя из условий и специфики применения на дороге общего пользования; экспериментально установленный обобщенный критерий: степени идентификации состояния ОГ (P_i).

- Методику оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, которая включает в себя: модель и алгоритм оценки эффективности функционирования альтернативных вариантов систем управления контролем движения на дороге и рационального их выбора, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса ОГ; установленный коэффициент эффективности программно–аппаратных средств (δ_n).

4.1.2 Разработка структуры информационной системы поддержки принятия решений для построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами

Современная логистика ОГ требует не только высокой точности планирования, но и непрерывного контроля на всех этапах перевозки. Информационная подсистема,

интегрированная в систему управления транспортировкой, становится ключевым инструментом минимизации рисков, обеспечения безопасности и соблюдения нормативных требований. Её разработка базируется на комплексном подходе, объединяющем аппаратные решения, программные алгоритмы и стандарты взаимодействия с внешними системами.

Основная цель информационной подсистемы — обеспечить оперативный сбор, анализ и визуализацию необходимых данных (Рисунок 4.6), связанных с перевозкой ОГ. Это включает мониторинг параметров груза (температура, давление, целостность упаковки), отслеживание местоположения ТС в реальном времени, а также прогнозирование потенциальных аварийных ситуаций. Например, датчики IoT, установленные на цистернах с химикатами, передают данные о колебаниях давления, что позволяет мгновенно обнаружить утечку. Одновременно GPS-трекеры фиксируют координаты ТС, интегрируясь с ГИС для построения оптимальных маршрутов, исключая проезд через зоны повышенного риска — школы, больницы или водоёмы.

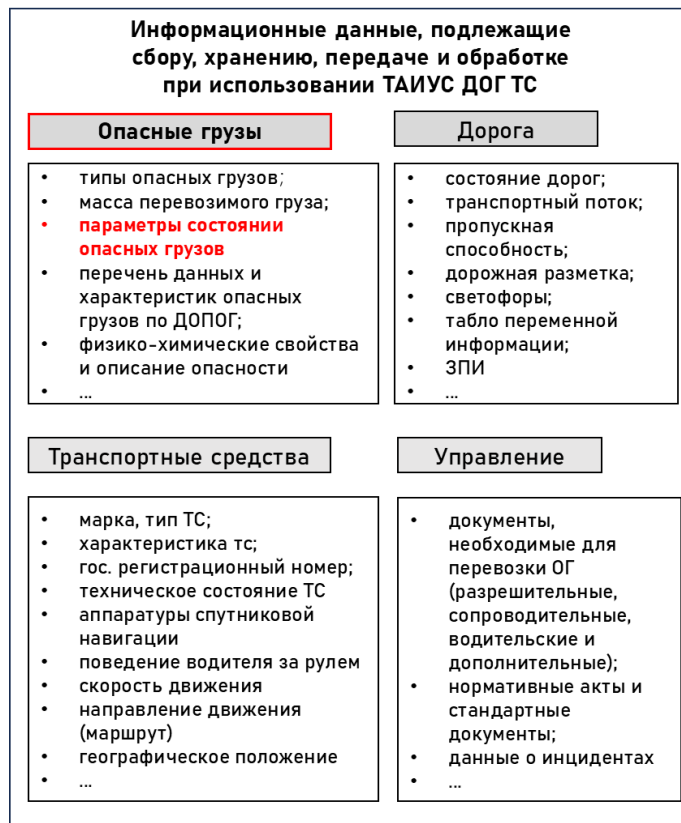


Рисунок 4.6 – Информационные потоки от подсистем ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

Архитектура подсистемы строится по модульному принципу, что обеспечивает гибкость и масштабируемость. Модуль сбора данных объединяет сеть датчиков и устройств связи. Для передачи информации используются как стандартные каналы (4G/5G), так и резервные спутниковые системы, что критически важно при работе в удалённых регионах с нестабильным

покрытием. Модуль обработки данных задействует технологии потоковой аналитики для мгновенного реагирования на аномалии. Алгоритмы машинного обучения, обученные на исторических данных, выявляют паттерны, предшествующие авариям: внезапное снижение скорости, отклонение от маршрута или нештатные показания датчиков. Например, модель на основе Random Forest может прогнозировать вероятность перегрева двигателя, анализируя данные с CAN-шины ТС.

Модуль хранения данных сочетает реляционные (PostgreSQL) и NoSQL (MongoDB) базы данных. Первые используются для структурированной информации: реквизиты грузов, лицензии водителей, маршрутные листы. Вторые — для работы с неструктурированными данными: логи датчиков, изображения с камер наблюдения, голосовые сообщения от водителей. Особое внимание уделяется безопасности: все данные шифруются по стандарту AES-256, а доступ к ним регулируется ролевой моделью. Например, диспетчер видит только координаты ТС, а сотрудник МЧС получает расширенные права для просмотра деталей груза при аварии [34–37].

Модуль визуализации и управления предоставляет пользователям интуитивно понятные интерфейсы. Веб-панель для диспетчеров интегрируется с ГИС-платформами (ArcGIS, OpenStreetMap), отображая ТС на цифровых картах с наложением слоёв: зоны риска, прогноз распространения опасных веществ, метеоданные. В случае аварии система автоматически генерирует зоны эвакуации с учётом направления ветра и свойств груза. Мобильное приложение для водителей включает функции экстренного оповещения, навигации с учётом динамических изменений маршрута и чек-листов для проверки безопасности перед стартом.

Критически важным аспектом является интеграция с внешними системами. Подсистема взаимодействует с метеосервисами (OpenWeatherMap, GisMeteo) через API, запрашивая актуальные данные о температуре, осадках и скорости ветра. Это позволяет корректировать маршруты в реальном времени, избегая участков с гололёдом или штормовыми предупреждениями. Для взаимодействия с государственными органами (Ространснадзор, МЧС) используются стандартизированные протоколы обмена данными. Например, при возникновении инцидента система автоматически формирует отчёт в формате XML, соответствующий требованиям ДОПОГ, и направляет его в контролирующие органы. Внедрение подсистемы также требует соблюдения нормативно-правовой базы. Кроме того, особое внимание уделяется кибербезопасности: применяются двухфакторная аутентификация, защита от DDoS-атак и регулярный аудит уязвимостей.

Современные системы управления перевозками ОГ базируются на Интернете вещей (IoT). Датчики, установленные на ТС и контейнерах, непрерывно отслеживают ключевые параметры [109–111]:

- физическое состояние груза: температура, давление, уровень заполнения цистерн, наличие утечек. Например, датчики давления в резервуарах с сжиженным газом мгновенно фиксируют отклонения от нормы, предотвращая взрывы.

- техническое состояние ТС: износ тормозных колодок, уровень масла, нагрузка на оси. Данные передаются через CAN–шину автомобиля в облачные системы для прогнозного обслуживания.

- внешние условия: вибрация, удары, наклон кузова. Это особенно важно при перевозке хрупких химических веществ.

Телематические устройства (GPS/ГЛОНАСС–трекеры) обеспечивают точное позиционирование ТС в реальном времени. Интеграция с ГИС позволяет строить маршруты, избегая зон повышенного риска: населенных пунктов, заповедников, мостов с ограниченной грузоподъемностью. Алгоритмы динамической маршрутизации учитывают пробки, погодные условия и данные дорожных камер. Например, при угрозе шторма система автоматически перенаправляет колонну с легковоспламеняющимися материалами на безопасный путь.

Машинное обучение и ИИ стали ключевыми инструментами для прогнозирования и предотвращения аварий. Нейросетевые модели, обученные на исторических данных, выявляют скрытые паттерны [49-53]:

- прогнозирование отказов техники: анализ данных с датчиков позволяет предсказать поломку двигателя за несколько часов до её возникновения.

- оценка рисков ДТП: ИИ анализирует стиль вождения (резкие торможения, превышение скорости), погоду и загруженность трасс, присваивая каждому рейсу «индекс опасности».

- моделирование ЧС: при утечке токсичных веществ система рассчитывает зону поражения с учетом скорости ветра, рельефа местности и плотности населения.

Например, платформа IBM Watson IoT применяется в логистике химических грузов для анализа 15 000 параметров в секунду, а алгоритмы Google DeepMind оптимизируют маршруты, сокращая расход топлива на 10–15%.

Блокчейн–технологии решают проблемы доверия и подлинности данных в цепочке поставок. Каждая операция — от погрузки до доставки — фиксируется в распределенном реестре, что исключает фальсификацию [201–205]. Смарт–контракты автоматизируют процессы:

- автоматическая проверка документов: при пересечении границы смарт–контракт сверяет данные груза с таможенными требованиями, сокращая время простоя.

- мгновенные выплаты страховок: в случае аварии данные с датчиков инициируют выплату без участия посредников.

Пилотный проект Maersk и IBM TradeLens демонстрирует эффективность блокчейна: время обработки документов сократилось с 7 дней до 2 часов, а количество ошибок уменьшилось на 85%.

Цифровые двойники — виртуальные копии физических объектов — используются для тестирования сценариев и обучения персонала. Двойник цистерны с хлором позволяет [165–167]:

- Моделировать последствия удара или перегрева.
- Отрабатывать действия экипажа и спасателей в VR-среде.
- Оптимизировать логистику, подбирая идеальные параметры скорости и нагрузки.

Компания Siemens внедрила цифровые двойники для перевозки радиоактивных отходов, снизив вероятность человеческих ошибок на 40%.

Технологии V2X обеспечивают связь ТС с инфраструктурой (светофорами, весовыми пунктами) и другими участниками движения. Это критически важно для колонн с опасными грузами:

- Кооперативный адаптивный круиз-контроль синхронизирует скорость автомобилей, минимизируя риск столкновений.
- Обмен данными с дорожными датчиками предупреждает о гололёде, авариях или ремонтных работах.

Перевозка ОГ требует не только строгого соблюдения нормативных требований, но и непрерывного контроля за маршрутами, состоянием транспорта и внешними условиями. Геоинформационные системы стали ключевым инструментом в решении этих задач, обеспечивая пространственный анализ данных, прогнозирование рисков и оперативное реагирование на ЧС [59]. Их интеграция с современными технологиями, такими как IoT и искусственный интеллект, позволяет создавать комплексные решения для безопасной и эффективной логистики.

В МЧС России в качестве картографического и геоинформационного программного обеспечения применяются ГИС «Панорама» (Рисунок 4.7), QGIS и Agisoft Metashape. Геопортал открытых данных МЧС России на основе ГИС «Панорама» разработан для моделирования и оценки потенциальных последствий чрезвычайной ситуации по различным сценариям. Основная функция ГИС в перевозках ОГ — оптимизация маршрутов с учетом множества факторов. Система анализирует дорожную сеть, исключая участки, проходящие через зоны повышенного риска: населенные пункты, школы, больницы, заповедники или мосты с ограниченной грузоподъемностью. Например, для транспортировки легковоспламеняющихся веществ ГИС автоматически строит маршрут в обход АЗС и промышленных объектов. Интеграция с метеосервисами (GisMeteo, OpenWeatherMap) позволяет корректировать пути в реальном времени, избегая районов с гололёдом, штормами или паводками. Алгоритмы динамической

маршрутизации учитывают даже данные о пробках и ремонтных работах, поступающие с дорожных камер и датчиков IoT. В проекте компании «РосТранс» внедрение ГИС сократило среднее время доставки на 15% за счет автоматического объезда аварийных участков.

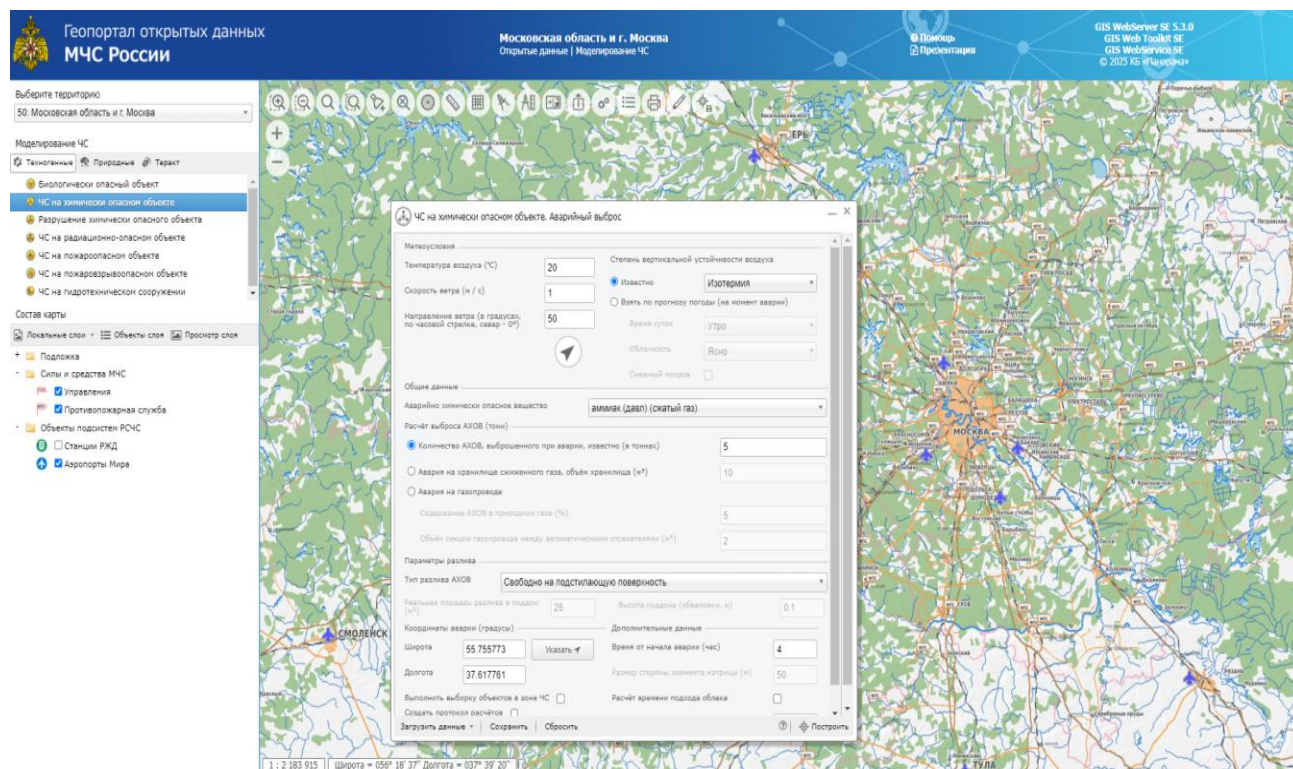


Рисунок 4.7 – Геопортал открытых данных МЧС России⁵[59]

Мониторинг в реальном времени — ещё одно критически важное направление. ГИС интегрируются с GPS/ГЛОНАСС-трекерами [121, 135], IoT-датчиками и бортовыми системами транспорта, предоставляя диспетчерам единую платформу для контроля. На цифровые карты наносятся не только координаты транспортных средств, но и слои дополнительной информации: зоны экологических ограничений, расположение пожарных депо, больниц и пунктов эвакуации. Например, при перевозке хлора система отслеживает давление в цистернах, а в случае отклонения от нормы мгновенно перенаправляет ТС на ближайшую аварийную стоянку, одновременно оповещая МЧС.

Особую роль ГИС играют в моделировании и ликвидации последствий аварий. При возникновении инцидента, такого как разлив нефти или утечка газа, система анализирует тип груза, метеоусловия (скорость ветра, влажность) и рельеф местности, чтобы рассчитать зону поражения. Тепловые карты и 3D-модели визуализируют распространение опасных веществ, помогая спасателям определить приоритетные направления эвакуации и развёртывания ресурсов.

⁵ Геопортал открытых данных МЧС России. <https://emercom.gisserver.ru/index.php>

[49]. Платформа ESRI ArcGIS с модулем Spatial Analyst успешно применяется для таких расчётов, сокращая время принятия решений на 30%.

Интеграция ГИС с внешними системами повышает их функциональность. Например, подключение к блокчейн-платформам гарантирует прозрачность данных о местоположении грузов и времени прохождения контрольных точек. Совместная работа с искусственным интеллектом позволяет прогнозировать «горячие точки» аварийности на карте, используя исторические данные. В Германии система SAP Logistics объединила ГИС, IoT и ИИ, что позволило автоматизировать 70% процессов документооборота и снизить страховые издержки на 20%.

Однако внедрение ГИС сталкивается с вызовами. Качество данных остается ключевой проблемой: устаревшие карты или неточные метеопрогнозы могут привести к ошибкам. Решением становится использование открытых платформ, таких как OpenStreetMap, и машинное обучение для верификации информации. Кибербезопасность также требует внимания — защита данных обеспечивается шифрованием (TLS, AES-256) и регулярными аудитами. Для малых компаний актуальны облачные решения, например Google Maps Platform, которые снижают затраты на инфраструктуру.

Исследование последствий аварий показало, что погодные условия существенно влияют на характеристики ЧС, особенно при утечках аварийно-химически опасных веществ (АХОВ). Несмотря на регулярное получение гидрометеорологических сводок с местных станций, региональные штабы МЧС России сталкиваются с заметными неточностями в данных, что затрудняет своевременное прогнозирование и принятие управленческих решений при развитии чрезвычайных ситуаций.

Перспективы развития связаны с цифровыми двойниками дорог и автономными системами. Виртуальные копии автодорог, учитывающие нагрузку и состояние покрытия, помогут прогнозировать износ инфраструктуры. Технологии V2X обеспечат связь между грузовиками и светофорами, минимизируя риск столкновений. Уже сейчас дроны с LiDAR-сканерами используются для обновления карт опасных участков, а алгоритмы на базе Google OR-Tools оптимизируют маршруты, анализируя Big Data.

Несмотря на прогресс, остаются проблемы: разрозненные протоколы IoT усложняют интеграцию систем; внедрение технологий требует инвестиций в оборудование и обучение; этика автономных систем: ответственность за аварии ии-грузовиков пока не определена.

Перспективные направления: квантовые вычисления для мгновенного анализа больших данных; биометрический мониторинг водителей: контроль усталости через камеры и сенсоры.

Цифровые и телематические технологии превращают перевозку ОГ из «неизбежного риска» в управляемый процесс. Они обеспечивают не только безопасность, но и экономическую

эффективность, сокращая издержки и улучшая репутацию компаний. Однако успех зависит от комплексного подхода: интеграции аппаратных решений, программных платформ и подготовки кадров. Будущее отрасли — в симбиозе человеческого опыта и возможностей ИИ, где каждый километр маршрута просчитан, а каждый груз защищен цифровым «щитом».

4.1.3 Реализация моделей и алгоритмов по внедрению информационно-телематических технологий в перевозочный процесс доставки опасных грузов

Перевозка ОГ — один из наиболее сложных и ответственных сегментов логистики. Нефтепродукты, химикаты, радиоактивные материалы требуют не только строгого соблюдения норм безопасности, но и непрерывного контроля на всех этапах транспортировки. В условиях роста грузопотоков и ужесточения регуляторных требований традиционные методы управления становятся недостаточными. На первый план выходят цифровые и телематические технологии, которые трансформируют отрасль, обеспечивая превентивный анализ рисков, оперативное реагирование на инциденты и оптимизацию логистических процессов.

Анализ существующих методов обоснования структур ТАИУС ДОГ ТС показал, что в условиях нечеткости и неоднозначности наиболее распространенными методами любого обоснования являются методы нечетких множеств и нечеткой логики [15].

Формально задача формулируется следующим образом:

пусть S есть некоторая структурно-компоновочная совокупность элементов, характеризующая вектор системных признаков (формула 4.1):

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_N\}, i = 1, 2, \dots, N, \quad (4.1)$$

Функции m_i описывают экспертную оценку предпочтения использования i — й компоненты в векторе S (формула 4.2):

$$m_i: [0, 1] \rightarrow [0, 1], i = 1, 2, \dots, N, \quad (4.2)$$

Предположим, что функции m_i с достаточной точностью представлены кусочно-линейными функциями с k звеньями (формула 4.3):

$$m_i = \{m_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, k + 1, \quad (4.3)$$

где m_{ij} — узлы, задающие кусочно-линейную функцию.

Введем вектор системных требований t по формуле 4.4:

$$t = \{t_i\}, i = 1, 2, \dots, N, \quad (4.4)$$

где t_i , $i = 1, 2, \dots, N$ характеризуют долю реализации i — й компоненты в компоновочном векторе S проекта ТАИУС ДОГ ТС (4.3). Значения функций принадлежности от этих компонент рассчитываем по формуле 4.5:

$$p_i = m_i(t_i), i = 1, 2, \dots, N \quad (4.5)$$

представляют значения реальных долей использования компонент структурно-компоновочного вектора S в проекте ТАИУС ДОГ ТС.

В совокупности все p_i характеризуют общее предпочтение экспертов, согласованное с компоновочным вектором S (4.3). Это предпочтение характеризуется общей для проекта ТАИУС ДОГ ТС функцией принадлежности, имеющей мультипликативную формулу 4.6:

$$n_i = \prod_i m_i^l(t_i), i = 1, 2, \dots, N, l = 1, 2, \dots, L, \quad (4.6)$$

Методическая последовательность применения архитектуры компоновки ТАИУС ДОГ ТС показана в рисунке 4.8.

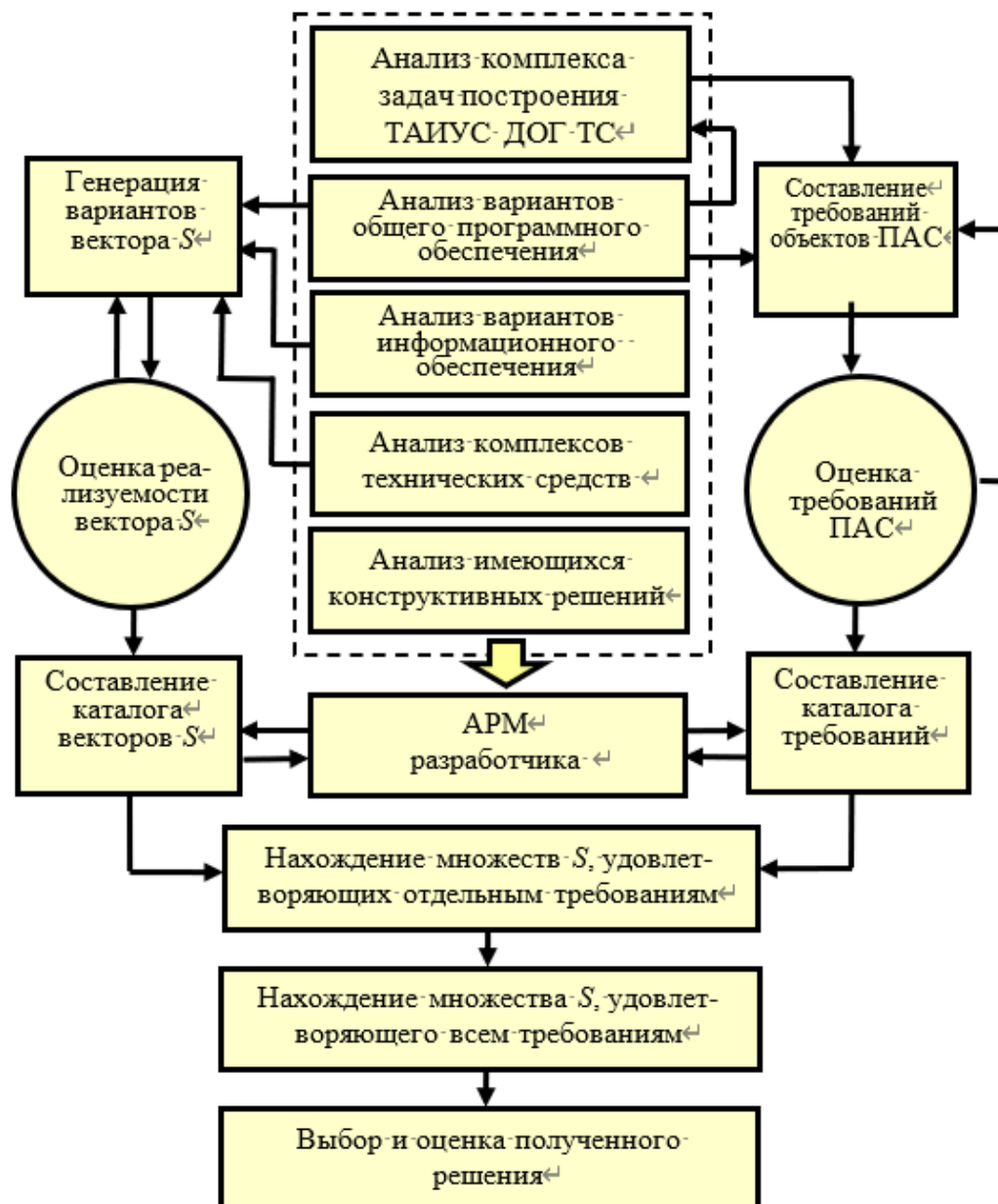


Рисунок 4.8 – Методическая последовательность применения архитектуры компоновки ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

Поскольку данная задача относится к классу неструктурированных задач, то для ее решения будем использовать эвристические методы. Выявим и систематизируем с помощью метода «Delphi» [60] мнения 10 экспертов по форме, параметрам и динамике изменения трех функций принадлежности, характеризующих надежность, производительность и стоимость каждого варианта компоновки ТАИУС ДОГ ТС. Видно, что свое предпочтение эксперты отдали функциям принадлежности в форме логистических кривых.

С целью упрощения идентификации мнений экспертов по конкретному варианту компоновки ТАИУС ДОГ ТС функции принадлежности с достаточной точностью аппроксимируем кусочно-линейными функциями, определенными на множестве вещественных чисел $(0; p_1), (p_1; p_2), \dots, (p_n; 1)$, которые являются линейными на каждом заданном интервале (формула 4.7):

$$f(p; a, b, c) = \begin{cases} 0, & p \leq 0; \\ \frac{p-a}{b-a}, & a \leq p < b; \\ \frac{c-p}{c-b}, & b \leq p < c; \\ 0, & c \leq p, \end{cases} \quad (4.7)$$

где a, b, c – значения экспертных оценок функции принадлежности компонента ТАИУС ДОГ ТС для характеристик надежности, производительности и стоимости соответственно;
 p – доля использования компонента ТАИУС ДОГ ТС для решения задач.

Оценку каждого эксперта определим на порядковой шкале в диапазоне изменения мнений от 0 до 1. Результаты идентификации экспертами функций принадлежности для всех вариантов компоновочных схем ТАИУС ДОГ ТС

Обобщенные предпочтения экспертов, согласованные с компоновочными векторами и характеризующиеся функциями принадлежности, имеющими мультипликативную форму для всех рассматриваемых вариантов компоновок ТАИУС ДОГ ТС

Для получения итоговой компоновочной оценки ζ_i каждого i варианта ТАИУС ДОГ ТС введем коэффициент значимости каждой характеристики и выполним итоговую оценку вариантов ТАИУС ДОГ ТС по выражению 4.8:

$$\zeta_i = \prod_j p_i^{\alpha_j}, \quad (4.8)$$

где α_j – весовой коэффициент, характеризующий значимость j -ой характеристики ТАИУС ДОГ ТС.

Итоговой будем считать такую компоновку, при которой значение мультипликативной функции принадлежности, идентифицированное по выражению будет максимальным.

4.2. Техничко-экономическая оценка исследований

Телематические системы для транспортировки ОГ представляют собой симбиоз аппаратных компонентов (бортовые терминалы, датчики, GPS-трекеры) и программных модулей (алгоритмы оптимизации маршрутов, платформы аналитики). Их ключевая задача - обеспечить непрерывный контроль параметров груза и транспортного средства, а также оперативное реагирование на внештатные ситуации.

Современная логистика ОГ требует не только высокой точности и надежности, но и соответствия строгим нормам безопасности. В условиях роста спроса на перевозку химических, радиоактивных и других опасных материалов, компании сталкиваются с необходимостью минимизировать риски аварий, оптимизировать затраты и соблюдать законодательные требования. Решением этих задач становятся аппаратно-программные комплексы (примером их расположения является рисунок 4.9), которые интегрируют технологии мониторинга, анализа данных и управления в реальном времени. Данный раздел посвящен технико-экономической оценке эффективности предлагаемых решений, анализу их преимуществ, затрат и долгосрочных выгод для бизнеса и общества. Проведенные расчеты показали существенное улучшение основных ТЭП дороги общего использования с внедрением ТАИУС ДОГ ТС (Рисунок 4.10) [8, 157, 171].



Рисунок 4.9 – Автоматизированный пункт контроля на федеральной автомобильной дороге Р–23 «Санкт–Петербург – Псков – Пустошка – Невель – граница с Республикой Беларусь» (км 539+769; 540+253) [8]

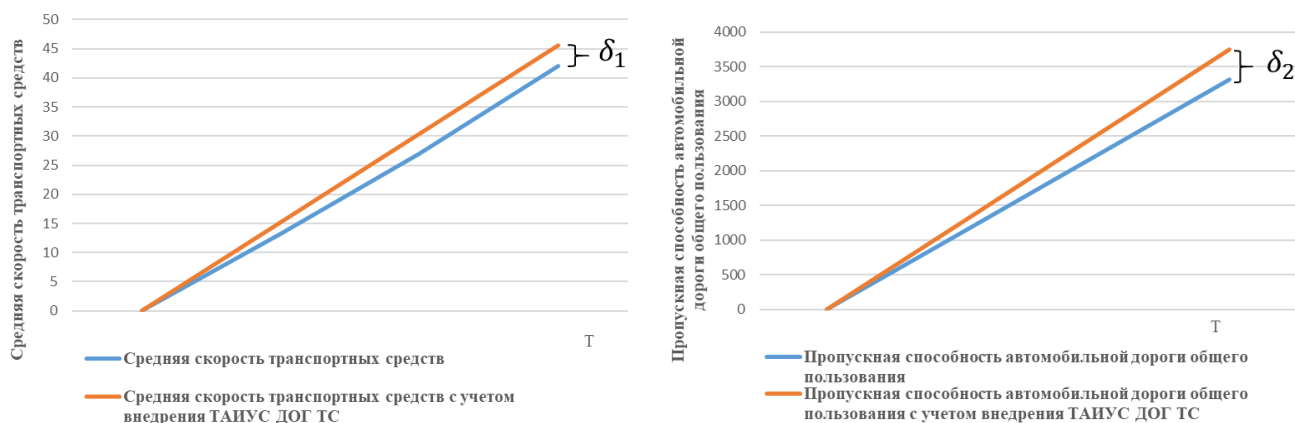


Рисунок 4.10 – Результаты исследования влияния ТАИУС ДОГ ТС на ТЭП автомобильной дороги общего пользования [составлено автором]

Разработана схема оценки эффекта от внедрения предлагаемой системы информационного контроля, показывающая основные виды общего эффекта от ее применения (Рисунок 4.11).



Рисунок 4.11 – Схема оценки эффективности предлагаемых решений [составлено автором]

Показатели эффективности применения ТАИУС ДОГ ТС являются: сокращение времени доставки груза; сокращение число аварий с ОГ [94, 97]; повышение пропускной способности автомобильной дороги общего использования (формула 2.20), увеличение средней скорости ТС (формула 2.18) и производительность АТП [98, 117].

Расчёт среднегодовой производительности автотранспортного предприятия по формуле 4.9 [85]:

$$W_{\Gamma} = \frac{365q_n\gamma\beta V_T T_c \alpha}{l_{cp} + \beta V_T t_{п-р}}, \quad (4.9)$$

где W_{Γ} – среднегодовая производительность АТП;

q_n – номинальная грузоподъемность ТС;

γ – коэффициент использования грузоподъемности;

β – среднегодовой коэффициента использования пробега;

V_T – техническая скорость ТС;

T_c – время в наряде;

α – коэффициент использования ТС;

l_{cp} – средняя длина ездки с грузом;

$t_{п-р}$ – время выполнения погрузочно–разгрузочных работ на одну ездку.

Технико–экономическая эффективность показатель $K_{тэ}$ оценивается отношением оперативной эффективности к суммарным затратам Z по формуле 4.10:

$$K_{тэ} = \frac{O_3}{Z}, \quad (4.10)$$

где O_3 – оперативная эффективность внедрения предлагаемых технических решений;

Z – суммарный затрат применения предлагаемых технических решений.

Хотя внедрение ТАИУС ДОГ ТС требует больших инвестиций, система обеспечивает на 10–15% более высокую эффективность по сравнению с традиционными, демонстрируя лучшие результаты по всем оцениваемым параметрам. В результате применения ТАИУС ДОГ ТС повышается оперативность управления (меньше времени тратится на контрольные мероприятия, такие как необходимые процедуры проверки). Кроме того, одна из функций системы включает в себя контроль превышения скорости, что предотвращает «эффект домино» (резкие торможения, аварии), который снижает пропускную способность системы. Стабильный поток на оптимальной скорости (без резких ускорений/затормозов) повышает среднюю скорость движения и экономит топливо. Исходя из исследования, внедрение интегрированных интеллектуальных технологий в организацию и управление доставкой ОГ транспортными средствами и применение ТАИУС ДОГ ТС повышает эффективность перевозочного процесса доставки ОГ: среднее время доставки опасных груза снижается на 20%, средняя скорость транспортного средства повышается на 16 % (Рисунок 4.12).

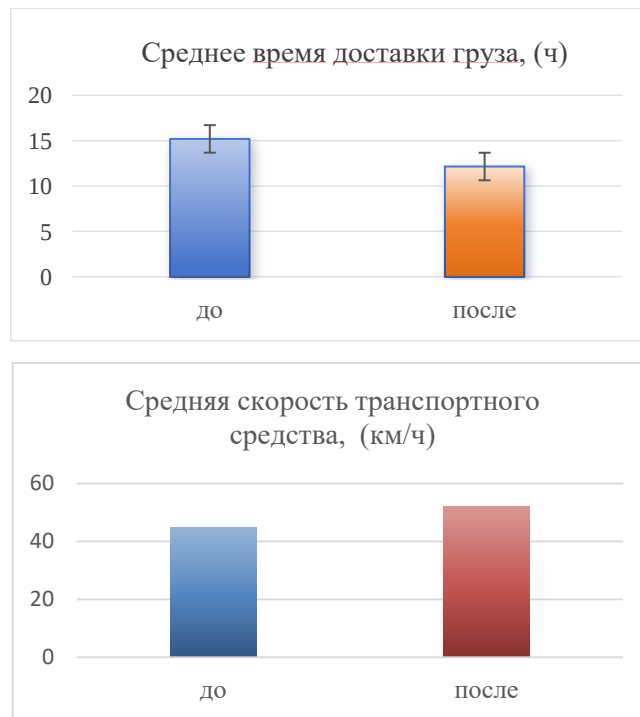


Рисунок 4.12 – Сравнительная оценка эффект внедрения ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

В том числе, социально–экономическая и экологическая эффективность внедрения ТАИУС ДОГ ТС обеспечивается:

- снижением социально–экономических потерь (человеческие жертвы, общественное здравоохранение, потери грузов и транспортных средств, ремонт инфраструктуры);
- снижением экологического ущерба (устранение загрязнения почвы/водоема, выбросы углерода);
- снижением последствий аварий за счет быстрого реагирования, позволяющего сократить время распространения разлитых опасных веществ;
- суммой штрафов с нарушителей перевозки ОГ транспортными средствами;
- сокращением заторов и пробега за счет оптимизации маршрутов, снижения расхода топлива и выбросов углекислого газа.

Величина ущерба, наносимого ОГ при аварийных ситуациях негативным воздействием на окружающую природную среду, определяется суммой ущербов, причиненных различным ресурсам и рассчитывается по формуле 4.11 [63]:

$$Y = \sum_i^7 Y_i = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7, \quad (4.11)$$

где Y_1 – ущерб, причиненный загрязнением атмосферного воздуха;

Y_2 – ущерб, причиненный загрязнением водного объекта;

Y_3 – ущерб, причиненный загрязнением и дегазацией земель;

Y_4 – ущерб, причиненный засорением и захлаплением земель;

Y_5 – ущерб, наносимый фауне;

Y_6 – ущерб, наносимый флоре;

Y_7 – ущерб отдаленных последствий аварийной ситуации.

В случае аварии масса загрязняющих веществ, попавших в окружающую среду, учитывается как сверхлимитная. Параметры загрязнения (площадь, глубина, концентрация) определяются на основе обследования территории и лабораторных анализов в соответствии с методиками Госкомэкологии России и Роскомзема. Для атмосферного воздуха масса загрязнителей рассчитывается по данным перевозочных документов, а также экспериментально или по утвержденным методикам [63].

Количество программно–аппаратных средств определяется количеством перекрестков, светофоров, полос движения на дороге и т.д (формула 4.12).

$$n_{\text{ПАС}} = \sum_{i=1}^Z B_i + \sum_{j=1}^B B_j + \dots + n_{\text{ПАС}}^{\text{п}}, \quad (4.12)$$

где B_i – количество полос движения на каждой i -я дороге;

B_j – количество полос движения на каждой j -я дороге;

$n_{\text{ПАС}}^{\text{п}}$ – количество ПАС на каждом перекрестке.

Количество ПАС на каждом перекрестке рассчитываем по формуле 4.13:

$$n_{\text{ПАС}}^{\text{п}} = \frac{k_0 L_{\text{п}}}{L_{\text{в}} - \Delta L}, \quad (4.13)$$

где k_0 – коэффициент охвата ПАС;

$L_{\text{п}}$ – длина периметра воздействия до перекрестков;

ΔL – необходимо длина перекрытия изображения;

$L_{\text{в}}$ – длина захвата одного ПАС.

Состав и расположение элементов аппаратно–программных комплексов могут меняться в зависимости от характеристик участников автомобильной дороги с ограниченной пропускной способности, состава транспортных средств, интенсивности движения, наличия технических средств автоматизации.

Расчет эффективности ТАИУС ДОГ ТС по формуле 4.14:

$$E = \frac{P_c}{Z_c}, \quad (4.14)$$

где P_c – полезный эффект ТАИУС ДОГ ТС за нормативный срок его службы (за 5 лет составит около 700 млн рублей);

Z_c – совокупные затраты за жизненный цикл ТАИУС ДОГ ТС, руб.

Исходя из исследования внедрение ТАИУС ДОГ ТС сопряжено со значительными инвестициями, однако их окупаемость достигается за счет снижения операционных расходов и минимизации рисков. Таким образом, при проведении экономической оценки применения телематической системы необходимо учитывать следующие параметры:

Капитальные затраты: стоимость оборудования (бортовые терминалы, датчики), ПО, установка [69-71];

Эксплуатационные: обслуживание, обновления, связь (SIM–карты, спутниковая связь);

Сопутствующие: Обучение персонала, интеграция с IT–инфраструктурой.

Финансовые показатели включает ROI (возврат инвестиций) и срок окупаемости рассчитываем по формуле 4.15 и формуле 4.16:

$$ROI = \frac{\text{Годовая экономия} - \text{Эксплуатационные затраты}}{\text{Капитальные затраты}} \times 100\%, \quad (4.15)$$

$$\text{Срок} = \frac{\text{Капитальные затраты}}{\text{Годовая экономия} - \text{Эксплуатационные затраты}}, \quad (4.16)$$

Таблица 4.1 – Экономическая оценка эффективности применения ТАИУС ДОГ ТС [составлено автором]

Параметр	Значение
Капитальные затраты	235 млн руб.
Годовой экономический эффект	150 млн руб.
Эксплуатационные затраты	10 млн руб./год
Срок окупаемости	1.67 года
ROI (за 5 лет)	298%

Таким образом, результаты оценки ТАИУС ДОГ ТС (таблица 4.1) демонстрируют высокую техническую надежность и значительный экономический потенциал. При среднем сроке окупаемости 1,5-2 года и ROI свыше 200% они становятся стратегическим инструментом для снижения рисков и повышения конкурентоспособности. Успешные кейсы компаний подтверждают, что инвестиции в телематику не только окупаются, но и формируют основу для устойчивого развития в условиях ужесточения регуляторных требований и роста экологической ответственности бизнеса. Внедрение таких систем - не просто технологический тренд, а необходимость для любого игрока, работающего с опасными грузами. Кроме того, разработка и развертывание системы потребуют соответствующей политической поддержки.

4.3 Выводы по главе 4

1. Представленная архитектура ТАИУС ДОГ ТС позволяет определить состав аппаратно–технического и программного обеспечения ТАИУС ДОГ ТС, функциональные задачи и эффекты применения. Разработан метод идентификации, основанный на применении адаптивной системы управления и способствующий формированию автоматизированная система удаленного мониторинга ОГ.

2. Разработка предложений и практических рекомендаций построения ТАИУС ДОГ ТС позволяет расширить функциональные возможности системы управления перевозочным процессом доставки ОГ транспортными средствами. Представленные решения позволят специалистам научно–исследовательских и опытно-конструкторских организаций, совместно с Минтрансом России, сформировать ТАИУС ДОГ ТС на автомобильной дороге общего пользования.

3. Создание ТАИУС ДОГ ТС, реализующей мониторинг в реальном времени, динамическое управление, раннее предупреждение рисков безопасности и аварийное спасение грузов, транспортных средств, персонала и окружающей среды в течение всего процесса перевозки опасных грузов, создание системы помогает снизить аварийность опасных грузов, оптимизировать процесс перевозки, повысить эффективность перевозок и снизить затраты.

4. Установлено, что внедрение ТАИУС ДОГ ТС приведет к улучшению ТЭП АД: пропускная способность автомобильной дороги увеличилась на 20%, средняя скорость движения транспорта на 14%, что позволяет повысить основные показатели эффективности перевозочного процесса доставки ОГ: среднее время доставки опасного груза снижается на 20%, средняя скорость транспортного средства повышается на 16 %. Определение экономического эффекта от применения предлагаемых решений основано на снижении экономических, социальных и экологических ущербов, вызванных опасными грузами.

5. ТАИУС ДОГ ТС имеют высокую техническую надежность и значительный экономический потенциал. При среднем сроке окупаемости 1,5–2 года и ROI свыше 200% они становятся стратегическим инструментом для снижения рисков и повышения конкурентоспособности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научной работой, в которой на основе результатов проведенных исследований изложены научно обоснованные методический подход и технические решения по формированию ТАИУС ДОГ ТС с расширенными функциональными возможностями для поддержки принятия рациональных управленческих решений при организации перевозок ОГ. Реализация результатов исследований вносит существенный вклад в совершенствование системы управления перевозочным процессом ОГ в транспортно–логистических структурах, обеспечение безопасности и повышение эффективности доставки ОГ транспортными средствами.

По результатам выполнения диссертационной работы сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. Проанализировано состояние вопроса исследования, существующие теоретические и практические аспекты обеспечения перевозочного процесса ОГ, а также характеристики и особенности факторов, влияющих на перевозку опасных грузов на автомобильных дорогах. Результаты анализа свидетельствуют о необходимости создания ТАИУС ДОГ ТС.

2. Сформированы математические модели оценки влияния ТАИУС ДОГ ТС на показатели безопасности и эффективности перевозочного процесса опасных грузов в условиях варьирования условий движения транспортных средств и определены основные влияющие факторы, что позволяет объективно оценивать многокритериальную структуру требований к ПАС.

3. Предложена методика обоснования требований к программно–аппаратным средствам ТАИУС ДОГ ТС, позволяющая осуществить их рациональный выбор исходя из условий и специфики применения на дороге общего пользования, с учетом экспериментально установленного обобщенного критерия: степени идентификации состояния опасных грузов (P_i).

4. Разработана методика оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, отличающаяся тем, что включают в себя модель и алгоритм оценки эффективности функционирования альтернативных вариантов систем управления контролем движения на дороге и рационального их выбора, защищенные свидетельствами программ для ЭВМ, которая заключается в научном обосновании использования новых технологических решений, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса опасных грузов, с учетом установленного критерия: коэффициента эффективности программно–аппаратных средств (δ_n).

5. Предложена комплексная методика построения ТАИУС ДОГ ТС, отличающаяся тем, что включает в себя модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений по уточнению структуры системы и порядка ее организации, защищенные патентами и свидетельствами программ для ЭВМ, с учетом фактических ограничений её использования в

конкретных условиях движения транспортных средств с опасными грузами, повышающая эффективность перевозочного процесса опасных грузов.

6. Установлено, что внедрение ТАИУС ДОГ ТС приведет к улучшению ТЭП АД: пропускная способность автомобильной дороги увеличилась на 20%, средняя скорость движения транспорта на 14%, что позволяет повысить основные показатели эффективности перевозочного процесса доставки опасных грузов: общее время доставки груза снижается на 20%, часовая производительность ТС повышается на 16%. Определение экономического эффекта от применения предлагаемых решений основано на снижении экономических, социальных и экологических ущербов, вызванных опасными грузами.

7. Перспективным направлением развития темы исследования является разработка моделей, методик и алгоритмов реализации интегрированных интеллектуальных технологий в организацию и управление доставкой опасных грузов транспортными средствами.

Таким образом, **научная задача**, заключающаяся в разработке моделей, методик и алгоритмов для построения ТАИУС ДОГ ТС с учетом применения ПАС, повышающих функциональные возможности системы управления перевозками опасных грузов транспортными средствами, **выполнена, цель работы**, заключающаяся в совершенствовании системы управления перевозочным процессом доставки опасных грузов в транспортно-логистических структурах на основе разработанных моделей, методик и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений по формированию ТАИУС ДОГ ТС, **достигнута**.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авксентьев, С. Ю. Определение рациональных параметров для безостановочной работы гидротранспортных систем в условиях низких температур / С. Ю. Авксентьев, В. И. Белоусов // Горная промышленность. – 2025. – № S1. – С. 86-91. – DOI 10.30686/1609-9192-2025-1S-86-91.
2. Актерский, Ю.Е. Интеллектуальные системы оповещения и управления эвакуацией людей из здания при пожаре на основе BIM-моделирования / Ю. Е. Актерский, Ю. И. Синешук, С. Н. Терехин, Г. Л. Шидловский. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2024. – 308 с. – ISBN 978-5-907883-01-7.
3. Актерский, Ю.Е. Интеллектуальные системы оповещения и управления эвакуацией людей из здания при пожаре на основе BIM-моделирования / Ю. Е. Актерский, Ю. И. Синешук, С. Н. Терехин, Г. Л. Шидловский. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2024. – 308 с. – ISBN 978-5-907883-01-7.
4. Актерский, Ю.Е. Строительство резервуарного парка нефтепродуктов и определение расчетных характеристик обвалования / Ю. Е. Актерский, С. Н. Терехин, С. О. Столяров, М. С. Немчинов // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 9(105). – С. 417-423.
5. Алексеева, А.В. Идентификация и прослеживаемость продукции сельскохозяйственного назначения при поставках на рынок ЕАЭС / А. В. Алексеева, К. Д. Привалов // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № S1.
6. Ахмадянов, В. А. Анализ современного состояния проблемы обеспечения безопасности на объектах нефтегазовой отрасли / В. А. Ахмадянов, Д. А. Тараканов // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 4(62). – С. 62-67.
7. База данных PHMSA США. – URL: <https://www.phmsa.dot.gov/>. (дата обращения: 20.12.2022) – Текст: электронный.
8. Баширзаде, Р. Р. Модель телематик-системы управления парком автотранспортных средств / Р. Р. Баширзаде, А. В. Пахомова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2020. – № 4. – С. 26-31. – DOI 10.36535/0236-1914-2020-04-6.
9. Беликова, Д.Д. Комплексная методика построения телематической автоматизированной системы управления весового и экологического контроля транспортных средств: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Беликова Дарья

Дмитриевна, 2023. – 174 с.

10. Блинов, А.М. Классификация инструментов инвестиционной поддержки технологий интегрированных энергетических систем. Российский экономический интернет-журнал, 2019 (3): 29–29.

11. Бобрик, П.П. Механизмы регулирования и согласованного планирования китайского трафика в порты Западной Европы / П. П. Бобрик, Н. В. Шаталова, В. В. Вислогузов // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. – № 3-1(57). – С. 248-255. – DOI 10.37220/MIT.2022.57.3.032.

12. Богумил, В. Н. Разработка роботизированной системы помощи водителю автобуса с использованием цифровой модели маршрута и средств спутниковой навигации высокой точности / В. Н. Богумил, В. М. Власов, Д. Э. Касимов // Новости навигации. – 2023. – № 1. – С. 31-36.

13. В ближайшее десятилетие объем перевозок опасных грузов увеличится вдвое – URL:<http://www.ato.ru/content/v-blizhayshee-desyatiletie-obem-perevozok-opasnyh-gruzov-uvelic-hitsya-vdvoe> (дата обращения: 10.01.2022). – Текст: электронный.

14. В городах Европы скорость на дорогах снижается до 30 км/ч – URL: https://t.mos.ru/mostrans/all_news/108212. (дата обращения: 10.09.2022). – Текст: электронный.

15. Ван, В., Дин, Л., и др. Эволюционная игра регулирования перевозок опасных грузов в условиях многоотраслевого сотрудничества[J]. China Journal of Safety Science, 2020, 30(10): 69 (на китайском языке).

16. Ван, Ж. Особенности методов разработки архитектуры интеллектуальных транспортных систем в китайской Народной Республике / Ж. Ван // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-3(84). – С. 103-110. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-103-110.

17. Ван, Ф., Ян, Х. и др. Совместная оптимизация управления сигналами и траекторного управления на перекрестках при новых сценариях смешанного транспортного потока. Информация и безопасность движения, 2024, 42(1): 76-83. 6 (на китайском языке)

18. Ван, Юньпэн и др. Система надзора за безопасностью перевозок опасных грузов на основе метода дерева аварий // Журнал Цзилиньского университета (инженерное издание). - 2010. - Т. 40. - №. 04. 04. - С. 976-0980 (на китайском языке).

19. Великанов, В. С. Использование нечеткой логики и теории нечетких множеств для управления эргономическими показателями качества карьерных экскаваторов / В. С. Великанов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 9. – С. 57-62.

20. Габбасова, Л. В. О влиянии параметров тарного груза на эффективность автомобильных перевозок / Л. В. Габбасова // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 19 марта 2020 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 433-436.

21. Габдулхаков, Р.Р. Метод повышения детонационной стойкости автомобильного бензина на основе компонента, полученного в процессе производства игольчатого кокса / Р. Р. Габдулхаков, К. Ю. Говкелевич, В. А. Рудко, И. Н. Пягай // Горная промышленность. – 2025. – № S1. – С. 21-27. – DOI 10.30686/1609-9192-2025-1S-21-2.

22. Гао Цзянган, Чэнь Хунъюнь, Чжэн Хао. Статистический анализ дорожно-транспортных происшествий с опасными грузами. Китайский журнал науки о безопасности, 2007, 17(8): 160 (на китайском языке).

23. Гараган, С.А. Внимание – опасные грузы! / С.А. Гараган, В.В. Комаров // Вестник Глонасс. – 2014. – № 2(18) – С. 42–53.

24. Горчакова, О. С. Дальнейшее развитие программного обеспечения для оптимизации расчетов в физической архитектуре / О. С. Горчакова, О. А. Савкова, Е. Ю. Сорокина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 554-556.

25. ГОСТ 19433–88. Грузы опасные. Классификация и маркировка.

26. ГОСТ Р 56294–2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем.

27. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011. Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1 Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы.

28. Доклады об осуществлении государственного контроля (надзора) в сфере транспорта и транспортной безопасности и об эффективности такого контроля. - URL: <https://rostransnadzor.gov.ru/deyatelnost/83> (дата обращения: 23.03.2024) – Текст: электронный.

29. Дугин, Г. С. Перевозка опасных грузов во внутреннем и международном сообщениях (по материалам всероссийской конференции "Перевозка опасных грузов") / Г. С. Дугин // Вестник транспорта. – 2006. – № 8. – С. 34-37.

30. Дюк, В.А. Распознавание транспортных средств по силуэтам-трехкаскадный метод машинного обучения в системах технического зрения / В. А. Дюк, И. Г. Малыгин, В. И. Прицкер // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. – № 2-1(56). – С. 162-167. – DOI 10.37220/МИТ.2022.56.2.022.

31. Евсеев, Д. Г. О необходимости формирования единой технической политики для обеспечения пожарной безопасности перевозки опасных грузов по железным дорогам России / Д. Г. Евсеев, В. Н. Филиппов, Г. И. Петров [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27, № 9. – С. 26-34. – DOI 10.18322/PVB.2018.27.09.26-34.

32. Ефанов, Д. В. Технологические основы информационного сопряжения систем мониторинга искусственных сооружений автомобильных дорог с интеллектуальными транспортными системами / Д. В. Ефанов, Е. М. Михайлюта, А. В. Пашуков // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 5(108). – С. 116-125. – DOI 10.30932/1992-3252-2023-21-5-13.

33. Жанказиев, С. В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно-дорожных комплексах городов и регионов : специальность 05.22.01 "Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Жанказиев Султан Владимирович. – Москва, 2012. – 43 с.

34. Жанказиев, С.В. Подходы к созданию подсистемы управления выездным транзитом объектов транспортного притяжения в задачах интегрированной АСУДД / С. В. Жанказиев, А. Н. Устинов, О. Е. Курьянова // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2013. – № 2(33). – С. 87а-91.

35. Жанказиев, С.В. Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем / Е. О. Андреев, С. В. Жанказиев, В. В. Зырянов, А. С. Павлов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 38-43. – DOI 10.36724/2072-8735-2024-18-1-38-43.

36. Жанказиев, С.В. Становление жизненного цикла локального проекта Интеллектуальной транспортной системы / С. В. Жанказиев, А. М. Иванов // Актуальные вопросы инновационной экономики. – 2013. – № 2. – С. 84-88

37. Жанказиев, С.В. Технология «Carpooling» как сервис интеллектуальных транспортных систем / С. В. Жанказиев, Ю. А. Короткова // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2023. – № 2(73). – С. 60-67.

38. Жесткова, С. А. Повышение эффективности сетевой доставки грузов на основе цифровой трансформации транспортно-логистических процессов / С. А. Жесткова // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-4(88). – С. 18-24. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-4(88)-18-24.

39. Закон о безопасности дорожного движения КНР. – URL: https://www.gov.cn/banshi/2005-08/23/content_25579.htm (дата обращения: 20.01.2024). – Текст: электронный.

40. Зырянов, В.В. Анализ подходов к гибкому ограничению скорости на автомагистралях

/ В. В. Зырянов, В. В. Левандовский // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 4(63). – С. 49-54.

41. Зырянов, В.В. Методика оценки и выбора варианта организации движения транспорта при проведении масштабных массовых мероприятий / В. В. Зырянов, Р. Р. Загидуллин // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 2. – С. 43-47.

42. Зырянов, В.В. Повышение качества прогнозирования объемов перевозок с использованием нейронных сетей / В. В. Зырянов, Е. Ю. Семчугова, М. Р. Караева, А. А. Костенко // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-3(84). – С. 27-34. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-27-34.

43. Игнатов, А. В. Оценка влияния фактора «среда» на безопасность дорожного движения / А. В. Игнатов, В. Н. Басков // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2025. – № 2. – С. 50-56. – DOI 10.36535/0236-1914-2025-02-7.

44. Интеллектуальные интегрированные транспортные системы / Р. Р. Сафиуллин, М. Р. Баширов, **Х. Тянь**, Н. С. Пантелеева. – Санкт–Петербург : ООО "Медиапапир", 2024. – 251 с. – ISBN 978–5–00110–434–6.

45. Кирсанов, А. А. Информационно-аналитическое и аппаратное обеспечение управления безопасностью автомобильных перевозок опасных грузов : специальность 05.13.10 "Управление в социальных и экономических системах" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кирсанов Александр Анатольевич, 2020. – 180 с.

46. Классификация уровней автоматизации управления дорожными машинами / В. Н. Богумил, В. М. Власов, А. М. Байтулаев, Н. К. Тагиева // Дороги и мосты. – 2020. – № 2(44). – С. 127-137.

47. Кривоногова, А.Е. Повышение безопасности дорожного движения: иммерсивный подход на основе интерактивной 3D игры / А. Е. Кривоногова, П. А. Буйвол, И. В. Макарова, А. И. Ворошилов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2023. – № 7. – С. 51-57. – DOI 10.36535/0236-1914-2023-07-8.

48. Кузьмин, О. С. Оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от испарений нефтеналивных грузов при их перевозке железнодорожным транспортом в Дальневосточном регионе / О. С. Кузьмин, А. Н. Луценко, Е. С. Куликова // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2024. – № 4(41). – С. 48-54.

49. Куликов, А. В. Использование средств телематики в транспортно-пересадочных узлах и терминалах единой умной транспортной системы пассажирских перевозок в городах-миллионниках / А. В. Куликов, А. А. Вальковская, А. А. Куликов // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-1(88). – С. 121-130. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-1(88)-121-130.

50.Лавренко, С.А. Взвешивание самосвалов как инструмент повышения эффективности эксплуатации погрузочно-доставочной техники / С. А. Лавренко, В. В. Шорников, Е. Ю. Ботян [и др.] // Горная промышленность. – 2025. – № S1. – С. 81-85. – DOI 10.30686/1609-9192-2025-1S-81-85.

51. Ли, Г. Развитие технологии интернета вещей и создание системы автоматического мониторинга окружающей среды[J]. Китайский мониторинг окружающей среды, 2011, 1 (на китайском языке).

52. Лобанов, И. С. Направления совершенствования системы обеспечения безопасности при перевозке опасных грузов компании ООО «груз-Транс» / И. С. Лобанов, В. А. Аксенов // Проблемы безопасности российского общества. – 2022. – № 4(40). – С. 52-56.

53. Лобанова, М. Инструменты оценки качества грузоперевозочного процесса с применением системы спутникового мониторинга автотранспорта / М. Лобанова // Логистика. – 2016. – № 4(113). – С. 42-45.

54. Лю, Хаосюэ, Чжоу, Сюнь, Ян, Цзюньру. Нечеткая модель комплексного суждения для маршрутов перевозки опасных грузов. Журнал транспортной инженерии, 2006, 6(2): 80-82 (на китайском языке).

55. Лю, Юэ, Лю, Минье. Исследование кодирования данных двумерного штрих-кода QR-кода[J]. Журнал Пекинского технологического института, 2005 (4): 352-355 (на китайском языке).

56. Ляпин, А. Ю. Актуальные вопросы управления качеством нефти и нефтепродуктов на магистральном трубопроводном транспорте / А. Ю. Ляпин, Ф. В. Тимофеев // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 3. – С. 96-101. – DOI 10.24887/0028-2448-2020-3-96-101.

57. Макарова, И. В. Использование имитационного моделирования для оптимизации транспортной системы арктических территорий / И. В. Макарова, Г. Р. Мавляутдинова, П. А. Буйвол, Е. Е. Гарявина // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2023. – № 1(93). – С. 65-74.

58. Макарова, И. В. Современный автотранспорт горнопромышленного комплекса: проблемы и решения / И. В. Макарова, М. М. Ганиев, А. С. Баринов [и др.] // Горная промышленность. – 2025. – № S1. – С. 28-33. – DOI 10.30686/1609-9192-2025-1S-28-33.

59. Макарова, И.В. Перспективные инструменты моделирования сварки для повышения эксплуатационной надежности транспортных средств / И. В. Макарова, Э. М. Мухаметдинов, Л. М. Габсалихова, Е. А. Клыпина // Грузовик. – 2024. – № 3. – С. 14-19. – DOI 10.36652/1684-1298-2024-3-14-19.

60. Макарова, И.В. Совершенствование концепции системы автономного управления технологическим транспортом / И. В. Макарова, Э. М. Мухаметдинов, А. С. Баринов, И. В.

Халяпин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2024. – Т. 80, № 2. – С. 103-108.

61. Максаров, В. В. Методика автоматизированной магнитно-абразивной обработки деталей летательных аппаратов в горно-транспортном комплексе / В. В. Максаров, М. В. Ефимова // Горная промышленность. – 2025. – № S1. – С. 62-67. – DOI 10.30686/1609-9192-2025-1S-62-67.

62. Малыгин, И.Г. Автоматизированная обработка данных дистанционного зондирования земли при анализе рисков аварийных разливов нефтепродуктов на водной поверхности / И. Г. Малыгин, О. В. Ложкина, В. А. Онов [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 3-1(53). – С. 142-149. – DOI 10.37220/MIT.2021.53.3.016.

63. Меры по безопасному управлению автомобильными перевозками опасных грузов КНР. – URL: https://xxgk.mot.gov.cn/2020/gz/202312/t20231208_3964326.html (дата обращения: 16.03.2024). – Текст: электронный.

64. Меры по динамическому наблюдению и управлению автотранспортными средствами (Постановление КНР № 10 от 14.02.2022). – URL: https://xxgk.mot.gov.cn/2020/gz/202202/t20220223_3642769.html (дата обращения: 16.03.2024). – Текст: электронный.

65. Методика повышения эффективности аппаратно–технических средств систем контроля технического состояния транспортных средств / К. В. Сорокин, В. А. Полуэктов, **Х. Тянь**, Р. Н. Сафиуллин // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 67. – С. 134–139.

66. Михеева, Т.И. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система сбора, обработки, визуализации информации о геообъектах / Т. И. Михеева, О. М. Батищева // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса : Межвузовский сборник научных статей (с международным участием) / Отв. редактор О.М. Батищева. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2020. – С. 64-71.

67. Назарычев, А. Н. Результаты исследования интергармоник систем тягового электропривода горного транспорта / А. Н. Назарычев, Т. Е. Минакова, М. В. Попов // Горная промышленность. – 2025. – № S1. – С. 68-72. – DOI 10.30686/1609-9192-2025-1S-68-72.

68. Насырова, Э. С. Мероприятия по снижению выбросов парниковых газов нефтеперерабатывающего завода / Э. С. Насырова, А. З. Зулпикаров // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 4(62). – С. 116-121.

69. Новиков, А. Н. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики / А. Н. Новиков, В. А. Голенков,

Ю. Н. Баранов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 6. – С. 128-139.

70. Новиков, И. А. Разработка интеллектуальной системы обработки изображений при расследовании дорожно-транспортных происшествий / И. А. Новиков, Д. А. Лазарев, А. Г. Жихарев, В. С. Черных // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-4(88). – С. 98-107. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-4(88)-98-107.

71. Опасные грузы – классификация и характеристики – URL:https://трансавтоцистерна.рф/presscentr/stati/harakteristiki_gruza_i_transporta/klassifikaciy_a_dr/ (дата обращения: 23.05.2022). – Текст: электронный.

72. Оськина, Ю. С. Особенности хранения опасных грузов / Ю. С. Оськина // Вестник современных исследований. – 2018. – № 12.12(27). – С. 343-346.

73. Отчик, Д. В. Экологическая безопасность перевозки опасных грузов. Экология и безопасность жизнедеятельности, 2013 (1): 70–74.

74. Очкалова, А.Р. ГЛОНАСС как инструмент обеспечения безопасности перевозок опасных грузов // Вестник университета. – 2016. – № 5. – С. 104-107.

75. Патент № 2786297 Российская Федерация, МПК G01M 15/04. Автоматизированная система функциональной диагностики двигателя внутреннего сгорания. Заявка № 2022107951 : заявл. 25.03.2022 : опубл. 19.12.2022 / Р.Н. Сафиуллин, А.С. Афанасьев, Р.Р. Сафиуллин, **Х. Тянь**, Д.С. Коновалов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт–Петербургский горный университет".

76. Патент № 2792386 Российская Федерация, МПК G01M 15/05. Автоматизированная система удаленной диагностики технического состояния транспортных средств на основе матричного QR–кода. Заявка № 2023101363 : заявл. 24.01.2023 : опубл. 21.03.2023 / Р.Н. Сафиуллин, Р.Р. Сафиуллин, А.А. Унгефук, **Х. Тянь**, К.В. Сорокин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт–Петербургский горный университет".

77. Полтавская, Ю. О. Влияние технико-эксплуатационных показателей работы автомобильного транспорта на его производительность / Ю. О. Полтавская // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2020. – Т. 1, № 7. – С. 179-180. – DOI 10.36629/2686-9896-2020-1-179-180.

78. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2020 г. № 2216. Правила оснащения транспортных средств категорий М2, М3 и транспортных средств категории N, используемых для перевозки опасных грузов, аппаратурой спутниковой навигации. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012250015?index=2> (дата обращения: 02.02.2024) – Текст: электронный.

79.Постановление Правительства РФ от 13 февраля 2018 г. № 153 Об утверждении Правил оснащения транспортных средств категорий М2, М3 и транспортных средств категории N, используемых для перевозки опасных грузов, аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS.

80.Постановление Правительства РФ от 24 июля 2021 г. № 1262 О реализации Соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) от 30 сентября 1957 г.

81. Приказ Минтранса РФ от 4 июля 2011 г. № 179 "Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозку опасных грузов".

82. Пугачев, И. Н. Математическое моделирование в транспортных исследованиях с использованием данных, полученных на основе навигационно-телематических систем / И. Н. Пугачев, Н. Г. Шешера // Инновационный транспорт. – 2024. – № 4(54). – С. 3-11. – DOI 10.20291/2311-164X-2024-4-3-11.

83. Рада, А. О. Разработка алгоритма анализа состояния дорожного полотна с применением искусственного интеллекта / А. О. Рада, Н. Ю. Коньков // Мир транспорта. – 2024. – Т. 22, № 2(111). – С. 40-46. – DOI 10.30932/1992-3252-2024-22-2-5.

84. Раптанова, П. А. Системный анализ проблем моделирования и оптимизации интеллектуальных транспортных систем / П. А. Раптанова, Т. И. Михеева, Е. В. Чекина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 12. – С. 174-176.

85. Распоряжение № АК-60-р от 25.03.2020 «Об утверждении Методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги».

86. Российский союз химиков поддержал предложения "СГ-ТРАНС" по перевозке опасных грузов // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2022. – № 2(70). – С. 19.

87. Руководство по эксплуатации комплекса фоторадарный передвижной «КРИС»П. URL: https://simicon.ru/rus/product/gun/archive/photoradar_kris_p.html (дата обращения: 10.09.2022). – Текст: электронный.

88. Рыбальченко, И. В. Внедрение интеллектуальных телематических систем в городских автотранспортных предприятиях как инструмент современного управленческого подхода / И. В.

Рыбальченко, А. В. Демин // Муниципальная академия. – 2024. – № 2. – С. 349-358. – DOI 10.52176/2304831X_2024_02_349.

89. Сафиуллин, Р. Н. Метод оптимизации перевозочного процесса пассажирского транспорта на основе алгоритма Лэнда и Дойга / Р. Н. Сафиуллин, Р. Р. Сафиуллин, С. А. Парра // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 4(62). – С. 133-141.

90. Сафиуллин, Р.Н. Адаптивно-управляемый подход к формированию автоматизированной информационно-управляющей системы перевозки опасных грузов транспортными средствами / Р. Н. Сафиуллин, **Х. Тянь**, Р. Р. Сафиуллин // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 2(60). – С. 156-163.

91. Сафиуллин, Р.Н. Адаптивно-управляемый подход формирования и оценки автоматизированных систем оперативного управления движением транспортных средств / Р. Н. Сафиуллин, Р. Р. Сафиуллин, А. В. Марусин, **Х. Тянь** // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-5(78). – С. 104-111. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-104-111.

92. Сафиуллин, Р.Н. Метод внедрения программно–аппаратных средств в перевозочный процесс пассажирского транспорта городских агломераций / Р.Н. Сафиуллин, **Х. Тянь**, Р.Р. Сафиуллин // Техничко–технологические проблемы сервиса. – 2023. – № 3(65). – С. 6–15.

93. Сафиуллин, Р.Н. Метод построения комплексной автоматизированной системы документального контроля перевозки опасных грузов транспортными средствами / Р. Н. Сафиуллин, Р. Р. Сафиуллин, **Х. Тянь**, А. М. Комиссарова // Вестник НЦБЖД. – 2024. – № 4(62). – С. 141–150.

94. Сафиуллин, Р.Н. Методы и алгоритмы оценки эффективности внедрения интегрированных технологий в организационное управление городским транспортом / Р. Н. Сафиуллин, Р. Р. Сафиуллин, **Х. Тянь** // Транспорт России: проблемы и перспективы–2024: Сборник научных статей Международной научно–практической конференции, Санкт–Петербург, 28–29 мая 2024 года. – Санкт–Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, 2024. – С. 85–89.

95. Сафиуллин, Р.Н. Модели и алгоритмы формирования интегрированной телематической автоматизированной системы управления автомобильными перевозками опасных грузов / Р.Н. Сафиуллин, **Х. Тянь**, Ю.Н. Кацуба, М.В. Богданов// Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1–4(88). – С. 10–17. – DOI 10.33979/2073–7432–2025–1–4(88)–10–17.

96. Сафиуллин, Р.Н. Научно–методический аппарат построения телематической системы управления перевозочным процессом доставки грузов / Р. Н. Сафиуллин, **Х. Тянь**, Е. А. Кузнецова // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2021 : Материалы Международной–научно практической конференции, Санкт–Петербург, 09–10 ноября 2021 года.

Том 1. – Санкт–Петербург: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2021. – С. 232–235.

97. Сафиуллин, Р.Н. Результаты исследований по внедрению интеллектуальных технологий ICV в транспортную систему городской агломераций / Р. Н. Сафиуллин, **Т. Хаотянь**, Р. Р. Сафиуллин // Техничко–технологические проблемы сервиса. – 2023. – № 2(64). – С. 78–86.

98. Сафиуллин, Р.Н., Беликова, Д.Д., **Хаотянь Тянь**. Концептуальные подходы к построению систем оперативного управления движением транспортных средств при внедрении технологий 5G–V2X // Транспорт: наука, техника, управление № 4 (2021) С.51.

99. Сафиуллин, Р.Р. Грузовые перевозки / Р. Р. Сафиуллин. – Москва–Берлин : Директ–Медиа, 2020. – 285 с. – ISBN 978–5–4499–1556–6.

100. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022666496 Российская Федерация. Программа расчета транспортно–эксплуатационных показателей автомобильных дорог при применении телематических автоматизированных систем управления контролем движения транспортных средств : № 2022663896 : заявл. 19.07.2022 : опубл. 05.09.2022 / Р.Р. Сафиуллин, Р. Н. Сафиуллин, Н. С. Пантелеева, **Х. Тянь**, В.А. Ефремова.

101. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022610886 Российская Федерация. Программа оценки эффективности функционирования телематической автоматизированной системы управления контролем движения транспортных средств на автомобильной дороге : № 2021681640 : заявл. 21.12.2021 : опубл. 17.01.2022 / Р. Н. Сафиуллин, Д. Д. Беликова, Р. Р. Сафиуллин, **Х. Тянь**.

102. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021614874 Российская Федерация. Методика обоснования потребности технических средств автоматизированного контроля транспортных средств на автомобильных дорогах : № 2020667644 : заявл. 21.12.2020 : опубл. 31.03.2021 / Р.Р. Сафиуллин, Р. Н. Сафиуллин, Д. Д. Беликова, **Х. Тянь**.

103. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019666207. Подсистема мониторинга перевозок специальных, опасных, крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом на территории Московской области : № 2019665145 : заявл. 26.11.2019 : опубл. 06.12.2019 ; заявитель Московская область, от имени которой выступает Министерство государственного управления, информационных технологий и связи Московской области.

104. Седнев, В.А. Прогнозирование возможной обстановки при авариях на химически опасных объектах для планирования мероприятий по защите населения / В. А. Седнев // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 3(73). – С. 125–135.

105. Симоненко, С. В. Повышение эффективности и безопасности перевозки опасных грузов : специальность 05.22.16 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Симоненко Сергей Валентинович. – Одесса, 1991. – 19 с.
106. Сеницын, В.В., Татаринов, В. В., Прус, Ю. В., Кирсанов, А. А. Статистика автомобильных перевозок опасных грузов и происшествий // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 4 (80). – 2018. – С. 24–35. DOI: 10.25257/TTS.2018.4.80.24–35.
107. Синь, Чуньлинь и др. Обзор исследований по проблеме оптимизации маршрутов перевозки опасных грузов. Chinese Journal of Safety Science 28.3 (2018): 102 (на китайском языке).
108. Смирнова, О. Ю. Трансформация показателей эффективности грузовых автомобильных перевозок / Под редакцией: М.В. Ляшенко, К.В. Чернышова, Н.С. Соколов-Добрева, Е.А. Салыкина, А.М. Ковалева, Н.Г. Шаронова, Е.Н. Казанкиной. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2013. – С. 233-234.
109. Советов, Б.Я. Архитектура информационных систем: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 230400 «Информационные системы и технологии» / Б.Я. Советов и др. // М. : Академия, 2012. – 283 с. : ил., табл.; 22 см. ISBN 978-5-7695-8827-3.
110. Соглашение между Министерством транспорта Российской Федерации и Министерством транспорта Китайской Народной Республики о международных автомобильных перевозках опасных грузов. – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/12096?type=> (дата обращения: 16.03.2024). – Текст: электронный.
111. Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) (Женева, 30 сентября 1957 г.).
112. Сунь, В., Дун, И. Исследование платформы логистических услуг для высокотоксичных опасных химических веществ на основе технологии RFID[J]. Китайский журнал науки о безопасности, 2011, 21(2): 147 (на китайском языке).
113. Сюй, Дань. Проектирование автоматизированной системы управления складом на основе технологии двумерных кодов[J]. Компьютерная и цифровая техника, 2013, 41(12): 2020-2024 (на китайском языке).
114. Терентьев, В. В., Андреев, К. П., Шемякин, А. В. Повышение эффективности системы "ЭРА–ГЛОНАСС". Современные материалы, техника и технологии, 2017 (5 (13)): 86–91.
115. Трясцин, А. П. Алгоритм разработки информационной системы обеспечения безопасности транспортного процесса / А. П. Трясцин, А. Г. Дубровин, Ю. Н. Баранов, А. В. Коломейченко // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 3(62). – С. 55-61.

116. Тянь, Ц., Тонг, Ц., Лян, Д. Оценка затрат на сокращение выбросов углерода и анализ потенциала сокращения выбросов углерода в транспортной отрасли Китая[J]. Журнал Пекинского университета Цзяотун (издание по общественным наукам), 2025, 24(1): 86-98 (на китайском языке).

117. Тянь, Х. Алгоритм оценки эффективности функционирования телематической автоматизированной системы управления контролем движения транспортных средств / Х. Тянь, Р. Н. Сафиуллин, Р. Р. Сафиуллин, Н. С. Пантелеева // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 61. – С. 119–124.

118. Тянь, Х. Методика обоснования потребности автоматических технических средств контроля движения транспортных средства на автомобильной дороге / Х. Тянь // Актуальные проблемы недропользования : тезисы докладов XVIII Международного форума–конкурса студентов и молодых ученых, Санкт–Петербург, 15–21 мая 2022 года. Том 3. – Санкт–Петербург: Санкт–Петербургский горный университет, 2022. – С. 72–75.

119. Тянь, Х. Методика построения физической архитектуры автоматизированной системы управления перевозками опасных грузов транспортными средствами / Х. Тянь, Р. Н. Сафиуллин, Р. Р. Сафиуллин // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2022 : Материалы Международной научно–практической конференции, Санкт–Петербург, 09–10 ноября 2022 года / ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2022. – С. 271–275.

120. Тянь, Х. Научно-методический аппарат построения телематической системы управления перевозочным процессом доставки грузов / Х. Тянь, К. Б. Родыгина // СТУДЕНТ года 2021 : Сборник статей Международного учебно-исследовательского конкурса в 6-ти частях, Петрозаводск, 19 мая 2021 года. Том Часть 1. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 116-128.

121. Хадонова, С. Контроль топлива с использованием ГНСС ГЛОНАСС и технологий транспортной телематики / С. Хадонова, А. Золотоверхова // Беспроводные технологии. – 2021. – № 3-4(64). – С. 56-59.

122. Хайтбаев, В. А. Оценка влияния транспортно-логистической системы на ресурсосбережение, ключевые региональные экономические показатели и экономическую устойчивость / В. А. Хайтбаев, Е. В. Черняев // Мир транспорта. – 2024. – Т. 22, № 2(111). – С. 102-117. – DOI 10.30932/1992-3252-2024-22-2-12.

123. Хуан, Ц., Чэнь Ч., Ву П. Методы обработки выборочной информации в системах дистанционного управления. Журнал Пекинского технологического института, 2003 (6): 713-716. 4 (на китайском языке).

124. Хуанг, Ченг и др. Проектирование системы мониторинга температуры для контейнеров с опасными грузами // Контейнеризация. - 2019. - Т. 30. - №. 1. - С. 9-12 (на китайском языке).
125. Цзэн, Ч. Удаленный QR-код - динамичное применение Интернета вещей[J]. Технологии Интернета вещей, 2017, 7(1): 94-95 (на китайском языке).
126. Цзян, Х., Тан, Ю., Ли, Л. Исследование системы управления безопасностью движения на основе интеллектуальной транспортной системы (ITS). Китайский журнал науки о безопасности, 2003, 13(7): 35. 5 (на китайском языке).
127. Цуй, Ханьсин и др. Исследование методов оценки рисков при перевозке опасных грузов с учетом динамики дорожной сети». Journal of Beijing Jiaotong University (Social Science Edition) 24.1 (2025): 63-74 (на китайском языке).
128. Цю, Ц., и др. Выявление и анализ серьезных конфликтов в переходных зонах автомагистралей[J]. Китайский журнал науки о безопасности, 2022, 32(2): 184-191 (на китайском языке).
129. Чжан, Ф. Применение технологии интернета вещей в информатизации логистики угольных шахт[J]. Китайская горная промышленность, 2010, 19(8): 101-104 (на китайском языке).
130. Чжан, Ш., Чэнь, Т. Оптимизация маршрута транспортных средств для перевозки опасных грузов с учетом грузоподъемности[J]. Журнал Уханьского технологического университета (издание «Инженерная информация и управление»), 2020, 42(4): 290-297 (на китайском языке).
131. Чэнь, Ранран, Сюй, Цзяли, Ли, Цзянь. Исследование кластеризации цепочек поездок транспортных средств, перевозящих опасные грузы, на основе данных GPS. Китайский журнал науки о безопасности, 2023, 33(9): 157. 8 (на китайском языке).
132. Шагов, Н. С. Особенности разработки распределенного аппаратно-программного комплекса для контроля исполнения решений в области транспортной телематики / Н. С. Шагов, Н. А. Мамедова, А. И. Уринцов // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 7. – С. 182-188.
133. Шан, Х. и др. Оценка риска и раннее предупреждение при перевозке опасных грузов на основе нечеткой АНР[J]. Журнал Чанъаньского университета: издание по общественным наукам, 2009, 11(1): 21-27 (на китайском языке).
134. Шевляков, А. Н. Практический опыт интеграции подсистемы диспетчеризации управления службы содержания дорог в ИТС городской агломерации / А. Н. Шевляков // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-4(88). – С. 91-97. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-4(88)-91-97.

135. Щукина, В. Н. Телематика и диагностика транспортных средств / В. Н. Щукина, С. Н. Девянин, А. М. Зейлигер // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2018. – № 3. – С. 81-85. – DOI 10.23885/2500-123x-2018-2-3-81-85.

136. Энглез, И. П. Повышение безопасности движения в транспортных системах при перевозке опасных грузов //XVI Всероссийская мультikonференция по проблемам управления (МКПУ–2023). – 2023. – С. 248–251.

137. Юань, Ц., Ван, Х., Хэ, Ф. Применение технологии анализа рисков и критических контрольных точек (НАССР) в управлении транспортировкой опасных грузов. Технология безопасности, 2006 (3): 36-38 (на китайском языке).

138. Якупов, Д. Т. Перспективы применения искусственных нейронных сетей для прогнозирования объемов грузоперевозок в транспортных системах / Д. Т. Якупов, О. Н. Рожко // Статистика и Экономика. – 2017. – № 5. – С. 49-60. – DOI 10.21686/2500-3925-2017-5-49-60.

139. Ян, Янь. Обсуждение построения бизнес-платформы для отслеживания сельскохозяйственной продукции на основе технологии RFID и QR-кода[J]. Чжэцзянская сельскохозяйственная наука, 2013, 9: 1218 (на китайском языке).

140. Янь, Синьпин, Чу, Дуаньфэн, Лю, Цзялун и др. Текущее состояние, проблемы и перспективы развития интеллектуального транспорта[J]. Исследования транспорта, 2021, 7(6): 2 (на китайском языке).

141. Abdelsalam, M., Bonny, T. IoV road safety: Vehicle speed limiting system//2019 International Conference on Communications, Signal Processing, and their Applications (ICCSPA). IEEE, 2019: 1–6. DOI: 10.1109/ICCSPA.2019.8713713.

142. Aeron-Thomas, Amy, and Stephane Hess. Red-light cameras for the prevention of road traffic crashes. Cochrane Database of Systematic Reviews 2 (2005). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003862.pub2>.

143. Almási, C. S. Measures to ensure public safety during the transportation of dangerous goods by road / C. S. Almási, K. U. Lajos, V. Gyula // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Safety Systems". – 2023. – No. 32. – P. 422-425.

144. Ayyildiz, E., Taskin, A. Pythagorean fuzzy AHP based risk assessment methodology for hazardous material transportation: an application in Istanbul //Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – T. 28. – №. 27. – С. 35798-35810.

145. Boretskyi, V. Integration of sensor technologies in transport systems to create sustainable intelligent transport systems / V. Boretskyi, V. Donets, O. Kovalchuk, O. Shumeiko // AUTOMOBILE ROADS AND ROAD CONSTRUCTION. – 2023. – P. 143-155.

146. Cantarella, G. E., Fiori, C. Day-to-Day Dynamic Multivehicle Assignment: Deterministic Process Models //Discrete Dynamics in Nature and Society. – 2021. – T. 2021. – №. 1. – C. 6653905.
147. Dai, Q. Research on the Application of Virtual Reality Technology in Practical Teaching in the Police Academy -- With the Identification of Dangerous Goods as an Example / Q. Dai // SHS Web of Conferences. – 2023. – Vol. 157. – P. 01004. – DOI 10.1051/shsconf/202315701004.
148. Erkut, E., Alp, O. Integrated Routing and Scheduling of Hazmat Trucks with Stops En Route // Transportation Science. 2007. T. 41. № 1. C. 107–122. <https://doi.org/10.1287/trsc.1060.0176>
149. Feng, Y. Present and future of vehicle navigation systems: Deep integration of technological innovation and intelligent driving. Advances in Engineering Innovation, 2024, 13: 49-54. DOI: 10.54254/2977-3903/13/2024139.
150. Flodén, J. A stakeholder analysis of actors and networks for land transport of dangerous goods / J. Flodén, J. Woxenius // Research in Transportation Business and Management. – 2021. – P. 100629. – DOI 10.1016/j.rtbm.2021.100629.
151. Fornalchyk, Y. et al. Risk assessment during the transportation of dangerous goods considering the functional state of the driver //Transport Problems. – 2021. – T. 16.
152. GB 18564.1-2019: Road tanker for dangerous liquid goods transportation—Part1: Technical requirements of atmospheric pressure metal tank.
153. GB 21175-2007: Procedure of classification for hazardous products.
154. GB 6944-2012: Classification and code of dangerous goods.
155. George, I. I., Nawawi, M. G. M., Mohd, Z. J., Farah, B. S. Environmental effects from petroleum product transportation spillage in Nigeria: A critical review. Environmental Science and Pollution Research, 31(2), 1719-1747.
156. Giannattasio, O., Cantarella, G. E. Advanced Vehicles: Challenges for Transportation Systems //Models and Technologies for Smart, Sustainable and Safe Transportation Systems. – 2021. – C. 201.
157. Gogolinskiy, K. V. Metrological Assurance and Standardization of Advanced Tools and Technologies for Nondestructive Testing and Condition Monitoring (NDT4.0) / K. V. Gogolinskiy, V.A. Syasko // Research in Nondestructive Evaluation. - 2020. - № 31. - P. 325-339.
158. Hari Kumar, S. Future Trends: Predicting the Evolution of Rail and Road Transportation in Logistics / S. Hari Kumar, M. Rajapriya // Shanlax International Journal of Management. – 2024. – Vol. 11, No. S1-May. – P. 27-39. – DOI 10.34293/management.v11is1-may.7835.
159. He, X., Qian, L., Fu P., et al. Road transportation monitoring system based on transportation management information platform: a case study of Jiangsu. Transport Research, 2021, 7(2): 28-37.
160. Holeczek, N. Hazardous materials truck transportation problems: A classification and state of the art literature review // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2019. T. 69.

C. 305–328. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.02.010>.

161. Hou, S. et al. The potential for deflagration to detonation transition (DDT)-Lessons from LPG tanker transportation accident // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. – 2022. – T. 80. – C. 104902.

162. Hu, H. et al. Emergency material scheduling optimization model and algorithms: A review // *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*. – 2019. – T. 6. – №. 5. – C. 441-454. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.07.001>.

163. Huang, Jinshan. Design of real time monitoring system for dangerous goods transportation based on DSP. *Procedia Engineering* 174 (2017): 1323-1329. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.280>.

164. Iradukunda, Y., Ciza, I., Ndayisaba, S., et al. Development of QR-code based Interactive Dynamic Billboard System with Motion Detection. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, Volume 7, Issue 9, 18–27 (2021). DOI: 10.31695/IJASRE.2021.34074.

165. ISO 15638-1:2012. Intelligent transport systems — Framework for collaborative Telematics Applications for Regulated commercial freight Vehicles (TARV) Part 1: Framework and architecture.

166. ISO 15638-21:2018: Intelligent transport systems — Framework for cooperative telematics applications for regulated commercial freight vehicles (TARV). Part 21: Monitoring of regulated vehicles using roadside sensors and data collected from the vehicle for enforcement and other purposes.

167. ISO/TS 7815-1:2025. Intelligent transport systems — Telematics applications for regulated commercial freight vehicles (TARV) using ITS stations Part 1: Secure vehicle interface framework and architecture.

168. Ivanko, A. F. Artificial intelligence - Today and Tomorrow / A. F. Ivanko, M. A. Ivanko, A. D. Timoshina // *European Journal of Natural History*. – 2019. – No. 3. – P. 75-80.

169. Jia, Ya. The Effect of the Federal Judicial System on Public Enforcement: Evidence from SEC Enforcement Actions / Ya. Jia // *Journal of Accounting Research*. – 2024.

170. Kruglov, S. P. Semi-active Adaptive Vehicle Suspension Control System with Identification Algorithm / S. P. Kruglov, S. V. Kovyreshin, I. A. Zakovyryn // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. – 2022. – Vol. 272. – P. 335-344. – DOI 10.1007/978-981-16-8759-4_35.

171. Li, Xiaojuan, et al. Safety risk assessment in urban public space using structural equation modelling. *Applied Sciences* 12.23 (2022): 12318. <https://doi.org/10.3390/app122312318>.

172. Liao, X., Lin, L., Jiang, X. (2024). Research and Application of Signal Acquisition Algorithm for Beidou Navigation System. *IEEE Access*.

173. Liu, Hongli., Qiang, Chen., and Wei, Zhou. Research and Application of Road Transportation Accident Related Incomplete Information Supplementation Based on Improved

ROUTIDA Algorithm. 2024 International Conference on Industrial IoT, Big Data and Supply Chain (IIoTBDSC). IEEE, 2024.

174. Liu, L. Combined Identification of Vehicle Parameters and Road Surface Roughness Using Vehicle Responses / L. Liu, X. Guo, X. Yang, L. Liu // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2024. – Vol. 14, No. 22. – P. 10310. – DOI 10.3390/app142210310.

175. Luo, G. An over-the-horizon potential safety threat vehicle identification method based on ETC big data / G. Luo, F. Zou, F. Guo [et al.] // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9, No. 9. – P. e20050. – DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e20050.

176. Ma, Yu. Transportation data visualization with a focus on freight: a literature review / Yu. Ma, A. Amiri, E. Hassini, S. Razavi // *Transportation Planning and Technology*. – 2022. – Vol. 45, No. 4. – P. 358-401. – DOI 10.1080/03081060.2022.2111430.

177. Makarova, I. Development of micromodels of traffic flows, taking into account environmental factors / I. Makarova, V. Mavrin, P. Buyvol // *Journal of Infrastructure, Policy and Development*. – 2023. – Vol. 7, No. 3. – DOI 10.24294/jipd.v7i3.2191.

178. Makarova, I. Improving the logistical processes in corporate service system / I. Makarova, R. Khabibullin, E. Belyaev [et al.] // *Transport Problems*. – 2016. – Vol. 11, No. 1. – P. 5-18. – DOI 10.20858/tp.2016.11.1.1.

179. Makarova, I. The Role of Multimodal Transportation in Ensuring Sustainable Territorial Development: Review of Risks and Prospects / I. Makarova, A. Serikkaliyeva, L. Gubacheva [et al.] // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15, No. 7. – P. 6309. – DOI 10.3390/su15076309.

180. Marusin, A., **Tian, H.**, Safiullin, R., Marusin, A. Integral Evaluation of the Effectiveness of the Implementation of Automated Technical Means of Controlling the Movement of Vehicles on the Road // 2022 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH). – IEEE, 2022. – C. 1–4. doi: 10.1109/EMCTECH55220.2022.9934048.

181. NGMN Alliance selects C-V2X technology for the connected car. – URL: <https://www.telecomtv.com/content/automotive/ngmn-alliance-selects-c-v2x-technology-for-the-connected-car-31854/> (дата обращения: 09.01.2023). – Текст: электронный.

182. Ning, Yu. Research on Information Security of Key Systems for Intelligent Connected Vehicles / Yu. Ning, Ya. Chen, Zh. Huang, Sh. Xue // *Advances in Engineering Technology Research*. – 2024. – Vol. 12, No. 1. – P. 558. – DOI 10.56028/aetr.12.1.558.2024.

183. Planas, E. Results of the MITRA project: Monitoring and intervention for the transportation of dangerous goods / E. Planas, E. Pastor, F. Presutto, J. Tixier // *Journal of Hazardous Materials*. – 2008. – Vol. 152, No. 2. – P. 516-526. – DOI 10.1016/j.jhazmat.2007.07.032.

184. Popkowski, T. Modern challenges of dangerous and extraordinary goods transportations / T. Popkowski, D. O. Bugayko // Intellectualization of Logistics and Supply Chain Management. – 2020. – No. 3(3). – P. 54-61. – DOI 10.46783/smart-scm/2020-3-5.
185. Popov, S. Hardware and software equipment for modeling of telematics components in intelligent transportation systems / S. Popov, M. Kurochkin, L. M. Kurochkin, V. Glazunov // Lecture Notes in Computer Science. – 2014. – Vol. 8638 LNCS. – P. 598-608.
186. Ran, B. et al. Perspectives on future transportation research: Impact of intelligent transportation system technologies on next-generation transportation modeling //Journal of Intelligent Transportation Systems. – 2012. – T. 16. – №. 4. – C. 226-242.
187. Ranran, C. H. E. N., X. U. Jiali, and L. I. Jian. Study on trip chain clustering of hazardous materials transportation vehicle based on GPS data. China Safety Science Journal 33.9 (2023): 157.
188. Rasmussen, T. K. et al. Local detouredness: A new phenomenon for modelling route choice and traffic assignment //Transportation Research Part B: Methodological. – 2024. – T. 190. – C. 103052.
189. Rosyidi, M. I. Converting ToD Vehicle from Gasoline to LPG in Indonesia: Cost Identification and Investment Analysis / M. I. Rosyidi, E. M. Widodo, T. A. Purnomo [et al.] // International Journal of Technology. – 2020. – Vol. 11, No. 1. – P. 100. – DOI 10.14716/ijtech.v11i1.2161.
190. Rothkrantz, L. Smart roads. 2019 Smart City Symposium Prague (SCSP), Prague, Czech Republic, 2019, pp. 1–6, doi: 10.1109/SCSP.2019.8805720.
191. Safiullin, R. Method of Effective Implementation of Intelligent Hardware Complexes in the Management of Passenger Transportation Processes within Urban Agglomerations / R. Safiullin, **H. Tian** // Open Transportation Journal. – 2024. – Vol. 18, No. 1. – DOI 10.2174/0126671212272101231128060918.
192. Safiullin, R. N., Belikova, D.D., **Tian, H.** System–target logistic approach to the formation of integrated automated control systems for weight control of vehicles. AIP Conf. Proc. 16 May 2023; 2476 (1): 030039. <https://doi.org/10.1063/5.0105105>.
193. Safiullin, R. Method of forming an integrated automated control system for intelligent objects / R. Safiullin, A. Epishkin, R. Safiullin, **T. Haotian** // CEUR Workshop Proceedings : Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems" (ITIDMS-II-2021), Moscow, 01 июля 2021 года. Vol. 2922. – P. 17-26.
194. Safiullin, R.N., **Tian, H.**, Safiullin, R.R., Bashirov, M.R., Kozin, E.G. A method to optimize parameters of software and hardware for dump truck remote monitoring systems using QR code recognition. Russian Mining Industry. 2025;(1S):14–20. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1S-14-20>.

195. Shodmonov, S. A. 3 steps to transport dangerous goods in Uzbekistan / S. A. Shodmonov, Ф. Гуломов // Точная наука. – 2021. – No. 120. – P. 15-18.
196. Skraparlis, A., Ntalianis, K. S., Mastorakis, N. E. Real time threat assessment of truck cargos carrying dangerous goods for preventing terrorism attacks on neighboring critical infrastructures //IEEE Access. – 2022. – T. 10. – C. 76547-76562.
197. Stojanovic, N., Boskovic, B., Petrovic, M. et al. The impact of accidents during the transport of dangerous good, on people, the environment, and infrastructure and measures for their reduction: a review. Environ Sci Pollut Res 30, 32288–32300 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25470-2>.
198. Tatarinov, V. Enhancement of monitoring systems for the transport of dangerous goods by road / V Tatarinov, A. Kirsanov // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. - 2019. - T. 492.
199. **Tian, H.** Integral Evaluation of Implementation Efficiency of Automated Hardware Complex for Vehicle Traffic Control / **H. Tian**, R. N. Safiullin, R. R. Safiullin // International Journal of Engineering. – 2024. – Vol. 37, No. 8. – P. 1534–1546. – DOI 10.5829/ije.2024.37.08b.07.
200. Tiosavljevic, R. Are ICT and Transport Infrastructure Requirements for Regional Development? / R. Tiosavljevic, D. Radovanovic, E. Hasanovic, D. Zornic // Communications in Dependability and Quality Management. – 2012. – Vol. 15, No. 3. – P. 32-37.
201. Torretta, V. Decision support systems for assessing risks involved in transporting hazardous materials: A review // Safety Science. 2017. (92). C. 1–9.
202. Ustinov Anatolevich, D., Abou Rashid, A. Using Artificial Neural Network Methods to Increase the Sensitivity of Distance Protection, International Journal of Engineering, 37(11), 2024, pp. 2192–2199. doi: 10.5829/ije.2024.37.11b.06.
203. Várhelyi, A., Mäkinen, T. The effects of in-car speed limiters: field studies. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2001, 9(3): 191–211.
204. Wang, C. Design and Promotion of a Full-Process Medical Waste Safe Tracking System. Open Access Library Journal, 2025, 12(2): 1-10.
205. Wang, Ch. Dangerous goods identification algorithm based on Generative Adversarial Networks / Ch. Wang, Zh. Li, L. Huang // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1682, No. 1. – P. 012027. – DOI 10.1088/1742-6596/1682/1/012027.
206. Wang, J. State-of-the-art in underground coal mining and automation technology in the United States. Journal of China Coal Society. – 2021. – Vol. 46. – № 1. – pp. 36–45.
207. Wang, X., Han, L., Wang, C., et al. A time-scale adaptive dispatching strategy considering the matching of time characteristics and dispatching periods of the integrated energy system. Energy, 2023, 267: 126584. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126584>.
208. Wilson, C., Willis, C., Hendrikz, J., et al. Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths. Cochrane database of systematic reviews, 2010 (11).

<https://doi.org/10.1002/14651858.CD004607.pub4>.

209. Xiao, W. Research on Intelligent Traffic Management Methods for Urban Traffic Congestion / W. Xiao // Science and Technology of Engineering, Chemistry and Environmental Protection. – 2024. – Vol. 1, No. 10. – DOI 10.61173/p2bry907.

210. Zhong, Yi, and Dalin Qian. The causal effect of unsafe driving behavior of heavy-duty trucks on accident casualties. Proceedings of the 2024 International Conference on Intelligent Driving and Smart Transportation. 2024. <https://doi.org/10.1145/3704657.3704674>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Опросный лист

Название организации: _____.

Вид деятельности (научные организации, транспортные компании, органы государственного управления) : _____.

Данный опрос направлен на оценку влияния функционирования телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами (ТАИУС ДОГ ТС) в управление перевозочного процессе доставки опасных грузов.

Вопросы	Ответы
1. Как вы считаете, внедрение ТАИУС ДОГ ТС поспособствует ли повысить безопасность эффективность доставки опасных грузов?	1. Да. 2. Нет.
2. Какие факторы оказывают влияние на транспортно-эксплуатационные показатели дороги общего пользования? (расставить цифры с 1–10 в порядке приоритетности для вас данного критерия; 1 – максимальное значение, 10 – минимальное значение; значения не должны повторяться)	1. объем груза (количество) 2. протяженность маршрута 3. характеристика транспортного потока 4. состояние дороги 5. степень автоматизации транспортных средств 6. средняя скорость движения ТС 7. оперативность управления движением ТС 8. состояние опасных грузов 9. эксплуатационные характеристики ТС 10. количество ДТП
3. Как вы считаете, работа оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС поспособствует ли модернизировать и усовершенствовать существующие системы управления перевозок опасных грузов?	1. Да. 2. Нет.
4. Как вы считаете, существует ли метод оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС? (Если да, то какой?)	1. Да. 2. Нет.
5. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на объем груза (количество)?	1. Да. 2. Нет.
6. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на протяженность маршрута?	1. Да. 2. Нет.

7. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на характеристика транспортного потока?	1. Да. 2. Нет.
8. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на состояние дороги?	1. Да. 2. Нет.
9. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на степень автоматизации транспортных средств?	1. Да. 2. Нет.
10. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на среднюю скорость движения ТС?	1. Да. 2. Нет.
11. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на оперативность управления движением ТС?	1. Да. 2. Нет.
12. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на состояние опасных грузов?	1. Да. 2. Нет.
13. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на эксплуатационные характеристики ТС?	1. Да. 2. Нет.
14. Как вы считаете, влияет ли внедрение ТАИУС ДОГ ТС на количество ДТП?	1. Да. 2. Нет.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Патенты на изобретения



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2792386

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УДАЛЕННОЙ
ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ
МАТРИЧНОГО QR-КОДА**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Сафиуллин Равиль Нуруллович (RU), Сафиуллин Руслан Равильевич (RU), Унгефук Александр Александрович (RU), Сорокин Кирилл Владиславович (RU), Тянь Хаотянь (RU)*

Заявка № 2023101363

Приоритет изобретения 24 января 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 21 марта 2023 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 24 января 2043 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов



Предметом внедрения является апробирование разработанной автором комплексной методики построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами (далее – ТАИУС ДОГ ТС), отличающаяся тем, что включает в себя: методика обоснования требований к программно-аппаратным средствам ТАИУС ДОГ ТС, позволяющая осуществить их рациональный выбор исходя из условий и специфики применения на дороге общего пользования, с учетом экспериментально установленного обобщенного критерия: степени идентификации; методика оценки эффективности функционирования ТАИУС ДОГ ТС, позволяющая оценки эффективности функционирования альтернативных вариантов систем управления контролем движения на дороге и рационального их выбора, защищённая

свидетельствами программ для ЭВМ, которая заключается в научном обосновании использования новых технологических решений, удовлетворяющих требованиям по организации контроля перевозочного процесса опасных грузов, с учетом установленного критерия: коэффициента эффективности программно-аппаратных средств.

Разработанные методики и рекомендация по аппаратно-техническому, методическому, информационному и программному обеспечению, защищённые патентами, с учетом фактических ограничений их использования в конкретных условиях на автомобильной дороге общего пользования, повышая безопасность перевозки опасных грузов и оперативность управления. При внедрении программно-аппаратных средств ТАИУС ДОГ ТС увеличились на 14% пропускная способность автомобильной дороги и 20% средняя скорость движения транспортного потока.

Председатель комиссии

Заместитель начальник управления



Баширов Мансур Рустамович

Члены комиссии:

Заместитель начальника отдела



Вознесенский Сергей Алексеевич

Главный государственный
Инспектор



Евгений Романович Никаноров

Утверждаю

Директор ЧОУ ДПО
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УКЦ АСМАП"

Мокров В. Б.

Дата « 22 » 01 2025 г.

о внедрении результатов

кандидатской диссертации Тянь Хаотянь по научной специальности
2.9.8. «Интеллектуальные транспортные системы» на тему:

«Комплексная методика построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами»

Комиссия (НТС, рабочая, специальная) в составе:

Председатель:

Члены комиссии:

составили настоящий акт (справку) о том, что результаты диссертации Тянь Хаотянь на тему «Комплексная методика построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами» на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в деятельности ЧОУ ДПО "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УСК АСМАП" в виде:

- методики обоснования технических требований и оценки характеристик программно-аппаратных средств (ПАС), входящих в состав телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами (ТАИУС ДОГ ТС);
- комплексная методика построения ТАИУС ДОГ ТС на основе разработанной методики оценки эффективности их применения с учетом установленного критерия: коэффициент влияния программно-аппаратных комплексов ТАИУС ДОГ ТС на эксплуатационные показатели автомобильной дороги и работы транспортных средств (δ_n).

Использование указанных результатов позволяет:

- осуществить выбор оптимального варианта программно-аппаратных комплексов контроля движением транспортных средств, перевозящих опасные грузы;
- увеличить пропускную способность автомобильной дороги на 20% и среднюю скорость движения транспортного потока на 14% при внедрении ТАИУС ДОГ ТС. Общее время доставки груза снижается на 20%.

Члены комиссии:

г.л. сподфедисис
(должность)

г.л. сподфедисис
(должность)

Юткая Е.С.
(подпись) (Ф.И.О)

Мокров В.Б.
(подпись) (Ф.И.О)

УТВЕРЖДАЮ



АКТ

О внедрении результатов диссертационного исследования

Настоящим актом подтверждается внедрение результатов диссертационного исследования Тянь Хаотянь «Комплексная методика построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.9.8. «Интеллектуальные транспортные системы» в рабочий процесс ООО «Сорож-Логистик».

Предметом внедрения является разработанная автором комплексная методика построения телематической автоматизированной информационно-управляющей системы доставки опасных грузов транспортными средствами, отличающаяся тем, что включает в себя алгоритм оценки эффективности функционирования программно-аппаратных комплексов контроля, применение которой позволяет осуществить выбор оптимального варианта программно-аппаратного комплекса контроля, удовлетворяющим требования по организации контроля движения транспортных средств на автомобильной дороге и управления перевозочным процессом доставки опасных грузов. Автоматизированный контроль движения транспортных средств предприятия и опасных грузов позволяет провести комплексную идентификацию транспортных средств и опасных грузов, а также получать в реальном времени информацию по техническому состоянию транспортного средства, состоянию опасных грузов, маршруте движения, местоположению транспортных средств и т.д, что привело к увеличению средней скорости движения транспортных средств на 10-12%, сокращению среднего времени доставки опасных грузов 8-10% и сокращению неполных сливов на АЗС с 10% до 1%.

Главный инженер

Марков В.А.

Соискатель

Тянь Х.