



На правах рукописи

Кирсанов Александр Анатольевич

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ И АППАРАТНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ОПАСНЫХ ГРУЗОВ**

Специальность: 05.13.10 – Управление в социальных
и экономических системах (технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена на кафедре «Экология и промышленная безопасность» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

**Научный
руководитель:**

Прус Юрий Витальевич,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры управления безопасностью
сложных систем, ФГАОУ ВО «Российский госу-
дарственный университет нефти и газа (националь-
ный исследовательский университет) имени И.М.
Губкина»

**Официальные
оппоненты:**

Майструк Александр Владимирович,
Почетный работник высшего профессионального
образования РФ, доктор технических наук, профес-
сор, профессор кафедры экологической безопасно-
сти технических систем ФГБОУ ВО «Московский
политехнический университет»

Бобрик Петр Петрович,
кандидат физико-математических наук, старший
научный сотрудник, старший научный сотрудник
ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н.С.
Соломенко РАН»

**Ведущая
организация:**

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны и
чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федераль-
ный центр науки и высоких технологий)

Защита диссертации состоится «16» декабря 2020 г. в 12:00 на заседании диссертационного совета Д 205.002.01 в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4, зал диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии ГПС МЧС России и на сайте: <https://academygps.ru/upload/iblock/5e1/5e175ab6ae747b272b22035308c1d07a.pdf>

Автореферат разослан «14» октября 2020 года.

Отзыв на автореферат с заверенной подписью и печатью просим направить в Академию ГПС МЧС России по указанному адресу.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Р.Ш. Хабибулин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Развитие и укрупнение социотехнических систем сопровождается возрастанием опасности и тяжести последствий техногенных аварий. Инновационная деятельность на данном этапе развития становится важным фактором в управлении социально-экономическими и техническими системами, обуславливающим реализацию технических и организационных предпосылок создания эффективных средств и систем, а также организацию управленческих процессов, направленных на существенное снижение техногенных рисков.

Транспортная логистика является важной составляющей экономической системы государства, обеспечивающей экономический рост и социальное благополучие. В то же время недостатки организации транспортной логистики при неблагоприятных обстоятельствах, как правило, становятся источниками нестабильности в социально-экономических системах. Одна из ключевых целей действующей транспортной стратегии Российской Федерации – повышение уровня безопасности транспортной системы и снижение негативного её воздействия на окружающую среду.

Эффективное управление безопасностью транспортной системы невозможно без использования современных средств и систем мониторинга. Государственная политика в области обеспечения безопасности автомобильной перевозки опасных грузов направлена на активную поддержку внедрения современных спутниковых и информационных технологий с целью повышения уровня безопасности транспортировки опасных грузов. Однако не в полной мере реализованы механизмы, обеспечивающие эффективную деятельность персонала транспортной логистики, надзорных органов и служб экстренного реагирования по обеспечению безопасности на транспорте; в частности, не решены вопросы:

- информационного взаимодействия между транспортной логистикой и службами экстренного реагирования, обеспечивающего непрерывную передачу сведений о системе «автомобильный транспорт – опасный груз»;
- обеспечения экстренных служб программными средствами поддержки управления по реагированию и ликвидации последствий аварий с опасным грузом;
- оповещения об автомобильной аварии с опасным грузом в автоматическом режиме в реальном масштабе времени.

Диссертационная работа посвящена решению ряда задач оперативного информирования и поддержки управления деятельностью экстренных служб по обеспечению безопасности на основе современных информационных и спутниковых технологий в режиме реального времени.

Степень разработанности темы исследования. Проблемы обеспечения эффективного управления экстренными службами в системах обеспечения безопасности изучались отечественными и зарубежными учеными и специалистами. Применение информационных технологий и автоматизированных систем управления в деятельности экстренных служб рассматривалось в работах Н.Н. Брушлинского, Н.Г. Топольского, С.Ю. Бутузова, С.А. Качанова, Д.В. Тараканова, Т. J. Cova, Li Juan и др. Вопросы моделирования процессов управления в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) отражены в работах И.У. Ямалова, В.В. Кульбы, Н.И. Архиповой, А.А. Kovacs и др. Проблемы повышения оперативности оповещения об автомобильных авариях с опасным грузом затронуты в работах Л.Г. Одинцова, С.А. Гарагана, В.В. Комарова, V. Verter, Ph. Scheuerman и др.

Вместе с тем вышеуказанные исследования не отражают в полной мере тенденции развития систем поддержки принятия решений при управлении безопасностью, основанных на современных технологиях получения и обработки мониторинговой информации об объектах повышенной опасности.

Объектом исследования является система управления безопасностью на автомобильном транспорте, а **предметом исследования** являются модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки управления безопасностью автомобильной перевозки опасных грузов.

Цель исследования – снижение ожидаемых социально-экономических потерь от аварий при автомобильной транспортировке опасных грузов на основе совершенствования управления безопасностью и системы мониторинга, а также управления профилактической деятельностью и реагированием при авариях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующий комплекс **задач**:

- моделирование и анализ процессов управления в системе обеспечения безопасности автомобильной перевозки опасных грузов;
- построение математической модели идентификации инцидентов при автомобильной транспортировке опасных грузов и генерации плана реагирования на них;
- построение моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений по управлению рисками автомобильной транспортировки опасных грузов и реагированию на инциденты при внедрении программно-аппаратного комплекса в автоматизированную систему управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов;
- разработка программно-аппаратного комплекса информационно-аналитической системы, обеспечивающей мониторинг и поддержку управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов.

Научная новизна работы состоит в обосновании и создании новых информационно-аналитических технологий и построении моделей и алгоритмов поддержки управления безопасностью в современных транспортных системах:

– математического инструментария поддержки управления при автомобильных авариях с опасным грузом, основанного на задании многомерных булевых функций от параметров состояния датчиков автоматической идентификации инцидентов на транспортном средстве с опасным грузом;

– дискретно-событийной модели функционирования системы идентификации инцидентов на транспортном средстве с опасным грузом для описания множества возможных состояний и прогнозирования переходов между ними в системе «автомобильный транспорт-опасный груз»;

– функциональных моделей и алгоритмов управления системой обеспечения безопасности автомобильной транспортировки опасных грузов для анализа взаимодействия элементов и синтеза новых процессов при реинжиниринге системы управления транспортной логистикой опасных грузов;

– информационно-аналитической системы мониторинга и поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов, включающей в себя подсистемы управления рисками и реагированием на инциденты при автомобильной транспортировке опасных грузов.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке новых подходов к созданию средств, методов и технологий информационно-аналитической поддержки управления безопасностью в транспортных системах, основанных на получении, обработке и использовании мониторинговой информации об объектах повышенной опасности.

Практическая значимость работы заключается в создании действующего макета программно-аппаратного комплекса, а также построении ряда моделей и алгоритмов, обеспечивающих поддержку управления в системе обеспечения безопасностью автомобильной перевозки опасных грузов.

Методология и методы исследования. При решении поставленных задач использованы методы теории управления и принятия решений, системного анализа, моделирования случайных процессов, алгебры логики, функционального моделирования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Функциональные модели и алгоритмы управления системой обеспечения безопасности автомобильной транспортировки опасных грузов.

2. Дискретно-событийная модель функционирования системы идентификации инцидентов на транспортном средстве с опасным грузом.

3. Математический инструментарий поддержки управления при автомобильных авариях с опасным грузом, основанный на задании многомерных булевых функций от параметров состояния датчиков автоматической идентификации инцидентов на транспортном средстве с опасным грузом.

4. Информационно-аналитическая система мониторинга и поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов, созданная на основе разработанного программно-аппаратного комплекса, реализующего построенные алгоритмы и модели мониторинга и поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждаются применением апробированных методов и средств исследования, внутренней непротиворечивостью и согласованностью с результатами других исследователей.

Теоретические и практические результаты исследований докладывались и получили поддержку на: Молодежных научно-технических выставках «Политехника» (Москва, 2011 г. и 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Экология и защита окружающей среды» (Минск, 2014 г.); XXV Международной научно-практической конференции «Предупреждение. Спасение. Помощь» (Химки, 2015 г.); VIII и IX Всероссийских конференциях «Будущее машиностроения России» (Москва, 2015 г. и 2016 г.); Научно-практической конференции «Экологический императив развития транспортной науки в XXI веке» (Москва, 2017 г.); Межвузовской научно-технической конференции «Естественнонаучные и математические дисциплины в транспортной отрасли» (Москва, 2017 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы» (Воронеж, 2018 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций» (Москва, 2018 г.); XIII Международной конференции «Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности» (Москва, 2019 г.); XXVII Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (Москва, 2019 г.).

Практическая реализация результатов исследования заключается в использовании при:

– решении расчётных задач при реагировании на автомобильные аварии с опасным грузом в Национальном центре управления в кризисных ситуациях МЧС России;

– проектировании архитектуры программно-технических средств в Федеральном государственном унитарном предприятии «Научный центр «Сигнал» (ФГУП НЦ «Сигнал») ФСТЭК России;

– выполнении задач инженерно-технического обеспечения в воинской части 64053 Минобороны России;

– подготовке лекций по дисциплине «Прикладные методы анализа рисков природных и техногенных ЧС» в учебном процессе кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 22 работы, в том числе 10 – в рецензируемых научных изданиях, включенных в перечень ВАК Российской Федерации, и 5 – в иностранных, включенных в библиографическую базу данных Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Личный вклад автора. Все основные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично. В совместных публикациях автором разработаны математический инструментарий, модели и алгоритмы поддержки управления при автомобильных авариях с опасным грузом; обоснован состав датчиков, входящих в систему идентификации автомобильных аварий, разработан действующий макет программно-аппаратного комплекса информационно-аналитической системы поддержки управления безопасностью автомобильной перевозки опасных грузов.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации – 180 страниц. Работа иллюстрирована 53 рисунками и 10 таблицами. Библиографический список включает 110 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы диссертации и степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, показаны научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, описаны методология и методы исследования, представлены положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности и приведены сведения об апробации результатов.

В первой главе «Современное состояние организации автомобильной транспортировки опасных грузов, методы и средства обеспечения безопасности» проведен анализ организации автомобильной транспортировки опасных грузов (АТОГ), исследованы современные системы обеспечения безопасности АТОГ, а также системы поддержки управления реагированием на автомобильные аварии с опасным грузом (ОГ) экстренных служб.

Проведенный автором анализ статистических данных показывает, что:

- автомобильный транспорт является лидером по объему перевозки ОГ в России и во многих странах мира;
- ежегодно в РФ происходит 450-500 аварийных инцидентов при АТОГ;
- причиной 80% всех дорожно-транспортных происшествий с участием грузового автомобиля является человеческий фактор, однако вина водителей грузовых автомобилей зафиксирована только в 25% случаев.

По данным Центра «Антистихия» основную долю перевозимого опасного груза при авариях составили горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) (77%), аварийно химически опасные вещества (АХОВ) (20%) и сжиженные углеводороды (СУГ) (3%). Статистика об автомобильных происшествиях с ОГ свидетельствует о том, что *при авариях с ОГ подавляющее число водителей погибает во время аварии*. Такие аварии могут создать техногенные чрезвычайные ситуации, достигающие регионального (межрегионального) масштаба.

Зарубежная статистика свидетельствует о тенденции роста экономического ущерба от аварий с ОГ (рисунок 1).

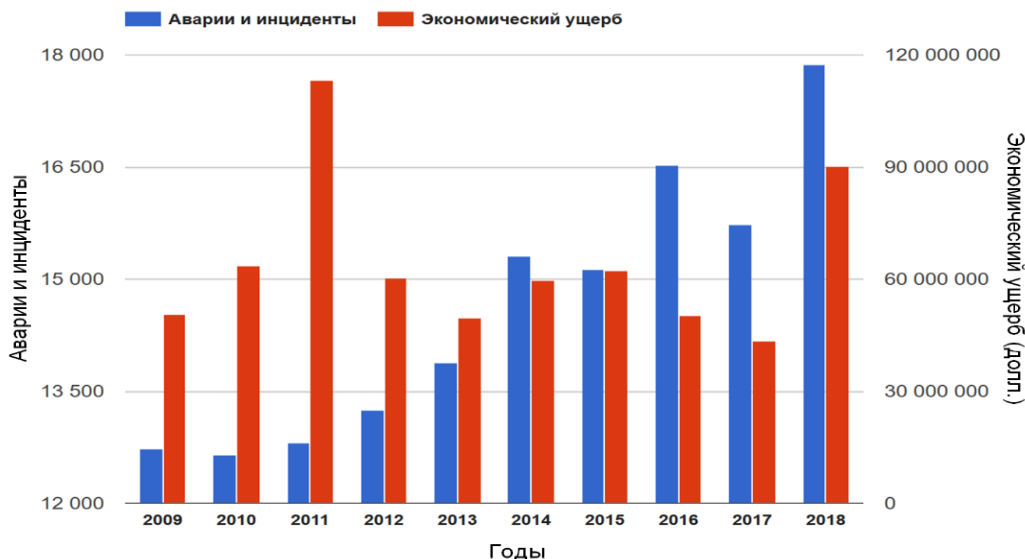


Рисунок 1 – Экономический ущерб от автомобильных аварий и инцидентов по данным Министерства Транспорта США PHMSA (USA)

Структура управления безопасностью автомобильной транспортировки ОГ в РФ представлена на рисунке 2.

Дополнительным риском при автомобильной перевозке опасных грузов может быть использование опасных грузов при террористических актах.

В настоящее время отсутствуют системы мониторинга инцидентов при перевозке ОГ, а также системы автоматического информирования о них лица, принимающего решения (ЛПР).

Автором обоснованы новые подходы к совершенствованию системы обеспечения безопасности АТОГ и системы информирования об инцидентах при АТОГ, основанные на использовании современных инфокоммуникационных

технологий и построении информационно-аналитической системы мониторинга процесса транспортировки опасных грузов.

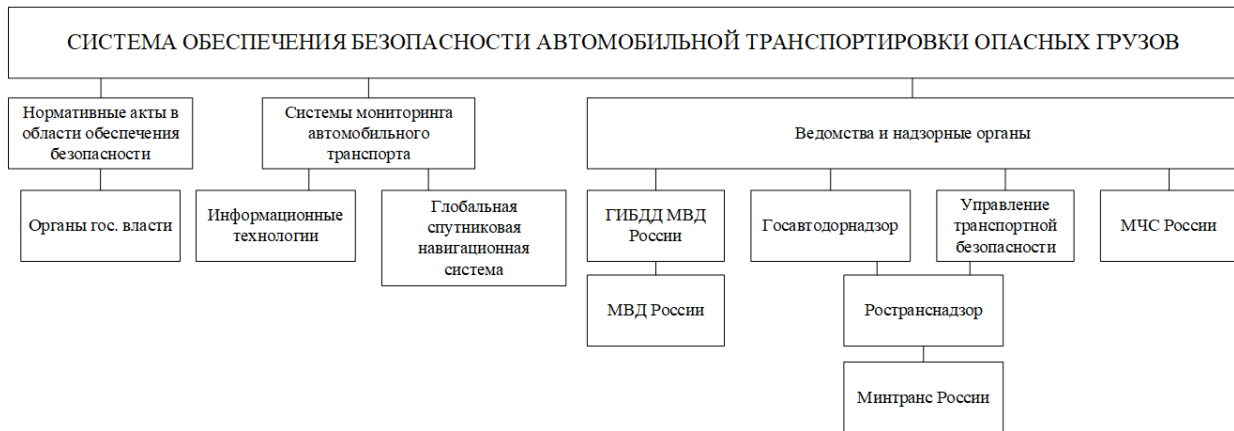


Рисунок 2 – Структура управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов в РФ

Во второй главе «Моделирование процессов управления в системе обеспечения безопасности автомобильной транспортировки опасных грузов» исследуются транспортная логистика ОГ, профилактическая деятельность и системы реагирования экстренных служб при авариях с ОГ. Представлены построенные на основе технологии функционального моделирования соответствующие модели управления организацией АТОГ, оперативным реагированием экстренных служб, аварийно-спасательными и другими неотложными работами (АСДНР) при инцидентах с ОГ (рисунки 3 и 4).

Проведенный автором анализ позволяет выявить недостатки существующей системы управления транспортной логистикой ОГ, в частности – ее несоответствие требованиям устойчивости и непрерывности связи со службами экстренного реагирования.

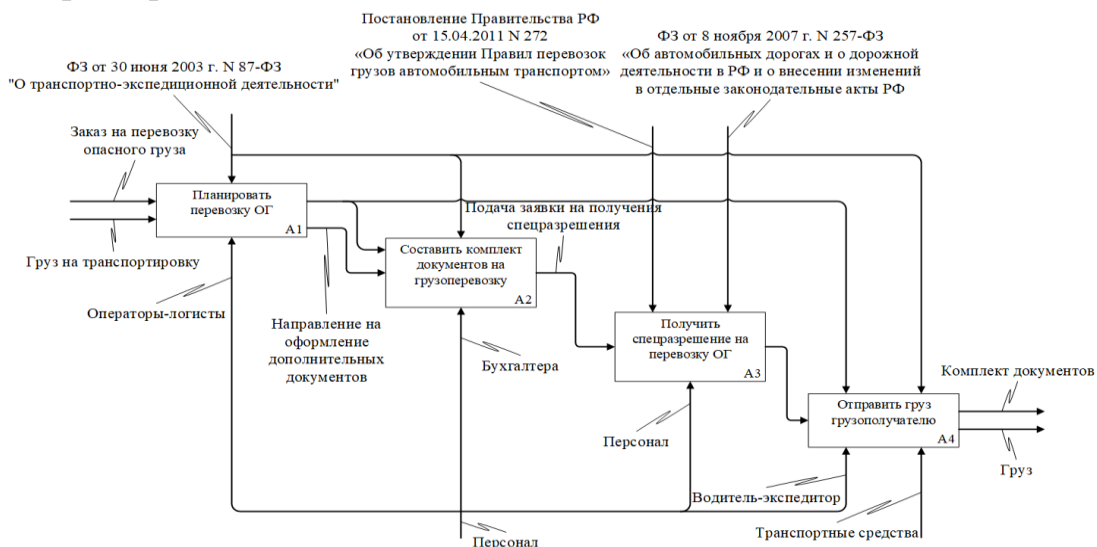


Рисунок 3 – Функциональная модель процесса управления транспортной логистикой опасных грузов

Автором обоснованы необходимость и целесообразность следующих мероприятий:

- внедрение в транспортную логистику системы непрерывного информационного обмена;
- оснащение автомобильного транспорта техническими средствами автоматической идентификации инцидентов при транспортировке ОГ;
- проведение дополнительных организационных мероприятий с водителями и должностными лицами, ответственными за организацию перевозки ОГ;
- обеспечение ЛПП экстренных служб программными средствами поддержки управления профилактической деятельностью, а также при реагировании на инциденты и ликвидацию последствий аварий.

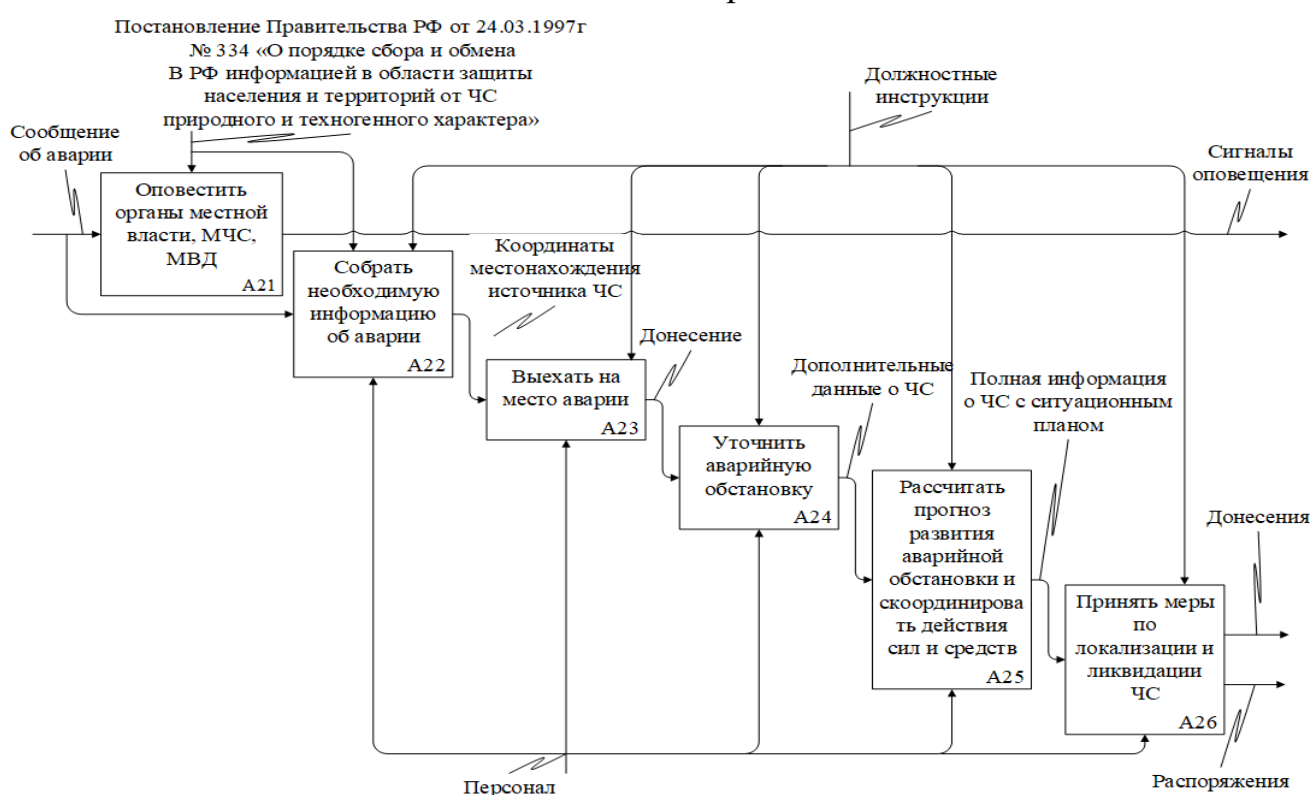


Рисунок 4 – Функциональная модель управления экстренными службами реагирования и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ

Автором показана необходимость создания для реализации вышеописанных мероприятий информационно-аналитической системы (ИАС) поддержки управления безопасностью, которая включает в себя (рисунок 5):

- подсистему управления рисками;
- подсистему управления при реагировании на инциденты.

Каждая подсистема должна включать в себя функциональные подсистемы, реализованные в виде баз данных, программного обеспечения и аппаратной части. Совокупность всех функциональных подсистем реализована в разработанном автором программно-аппаратном комплексе (ПАК).



Рисунок 5 – Функциональная структура информационно-аналитической системы поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов

Спроектирована архитектура ПАК ИАС, обеспечивающего информирование об автомобильной аварии с ОГ в автоматическом режиме и информационную поддержку принятия управленческих решений ЛПР. При этом аппаратная часть ПАК ИАС включает в себя подсистему идентификации инцидентов на транспортном средстве с ОГ.

Построены функциональные IDEF0 модели процессов управления автомобильной перевозкой ОГ, профилактическими мероприятиями и реагированием экстренных служб спасательных подразделений с учетом предлагаемых технологий и мероприятий (рисунки 6 и 7).



Рисунок 6 – Реинжиниринг системы управления транспортной логистикой опасных грузов с предлагаемыми дополнительными мерами обеспечения безопасности



Рисунок 7 – Информирование ЛПР с помощью программно-аппаратного комплекса

Автором предложена подсистема идентификации инцидентов, построенная на основе моделирования процессов, возникающих при ДТП с ОГ. Выявлены закономерности статистики аварий, позволяющие идентифицировать тип аварии по установлению фактов основных воздействий (удар, опрокидывание, пролив и возгорание) на транспортное средство (ТС) (таблица 1).

Таблица 1 – Возможные состояния датчиков при аварии

№№	x_4	x_3	x_2	x_1	Комментарий
1 (1)	0	0	0	0	Движение без аварии
2 (2)	0	0	0	1	Удар (столкновение)
3 (3,4)	0	0	1	1	Удар и опрокидывание
4 (5)	0	1	0	0	Разгерметизация ёмкости
5 (6)	0	1	0	1	Удар и последующая разгерметизация ёмкости
6 (7,8)	0	1	1	1	Удар, опрокидывание и разгерметизация ёмкости
7 (9)	1	0	0	0	Пожар в кабине или моторном отсеке ТС
8 (10)	1	0	0	1	Удар и пожар (воспламенение ОГ)
9 (11,12)	1	0	1	1	Удар, опрокидывание и пожар (воспламенение ОГ)
10 (13)	1	1	0	0	Разгерметизация и пожар (воспламенение ОГ)
11 (14)	1	1	0	1	Удар, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)
12 (15,16)	1	1	1	1	Удар, опрокидывание, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)

Пояснения к таблице 1. x_1 – датчик удара, x_2 – датчик положения (опрокидывания), x_3 – датчик давления (фиксирует разгерметизацию цистерны с СУГ или АХОВ), x_4 – датчик температуры.

Автором построена дискретно-событийная модель системы «автомобильный транспорт-опасный груз», необходимая для дальнейшего использования в информационной подсистеме прогнозирования рисков.

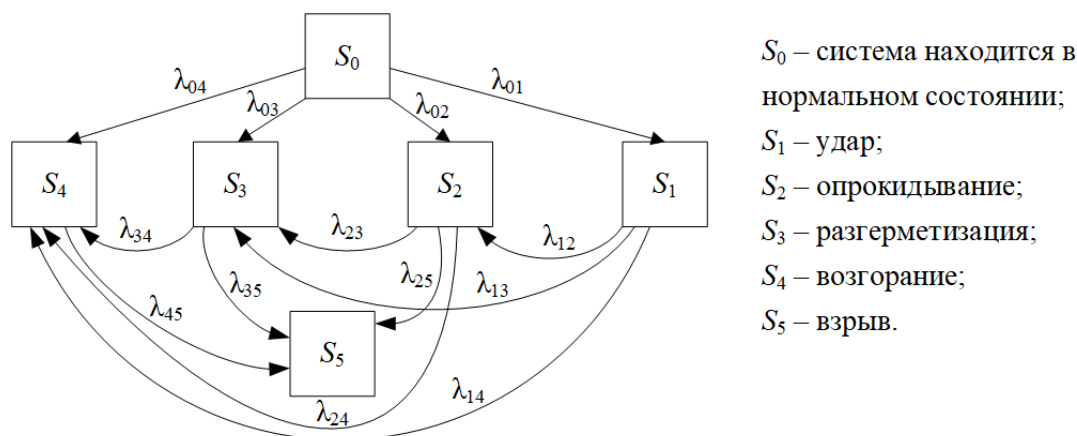


Рисунок 8 – Размеченный граф состояний системы «автомобильный транспорт-опасный груз»

Переходы между состояниями системы (рисунок 8) отражены в уравнениях Колмогорова-Чепмена:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dp_0}{dt} &= -\lambda_{01}p_0 - \lambda_{02}p_0 - \lambda_{03}p_0 - \lambda_{04}p_0 \\
 \frac{dp_1}{dt} &= \lambda_{01}p_0 - \lambda_{12}p_1 - \lambda_{13}p_1 - \lambda_{14}p_1 \\
 \frac{dp_2}{dt} &= \lambda_{02}p_0 + \lambda_{12}p_1 - \lambda_{23}p_2 - \lambda_{24}p_2 - \lambda_{25}p_2 \\
 \frac{dp_3}{dt} &= \lambda_{03}p_0 + \lambda_{13}p_1 + \lambda_{23}p_2 - \lambda_{34}p_3 - \lambda_{35}p_3 \\
 \frac{dp_4}{dt} &= \lambda_{04}p_0 + \lambda_{14}p_1 + \lambda_{24}p_2 - \lambda_{45}p_4 \\
 \frac{dp_5}{dt} &= \lambda_{25}p_2 + \lambda_{35}p_3 + \lambda_{45}p_4
 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где p_i – вероятность пребывания системы в состоянии S_i .

Значения интенсивностей перехода между возможными состояниями λ_{ij} системы «транспортное средство-опасный груз» определяются динамикой развития аварийной ситуации и могут быть получены экспертными методами, основанными на анкетировании и опросах участников транспортной логистики, сотрудников ГИБДД и др.

Приведенные системы уравнений в дальнейшем используются при построении алгоритмов программного обеспечения ПАК ИАС.

В главе 3 «Алгоритмы и методы поддержки управления в системе обеспечения безопасности автомобильной транспортировки опасных грузов» построена совокупность алгоритмов, необходимых для формирования управленческих решений ЛПР в различных режимах функционирования системы транспортной логистики опасных грузов.

Проведен анализ алгоритмов действий ЛПР экстренных служб по реагированию на инциденты при существующей системе оповещения об автомобильной аварии с ОГ. Установлено, что ЛПР в процессе организации ликвидации последствий аварии вынуждено проводить ряд дополнительных действий в условиях неполной информации, в результате чего значительно снижается оперативность реагирования подразделений экстренных служб.

При внедрении предлагаемых автором аппаратных средств и программного обеспечения претерпевают значительные изменения алгоритмы действий ЛПР экстренных служб по реагированию на инциденты (рисунок 9). При перевозке ОГ обеспечиваются непрерывность мониторинга, а также идентификация инцидентов и оперативное информирование в реальном масштабе времени. При этом практически исключается возможность задержки информирования о возникновении аварии на автомобильном транспорте с ОГ, что способствует значительному повышению оперативности реагирования экстренных служб.

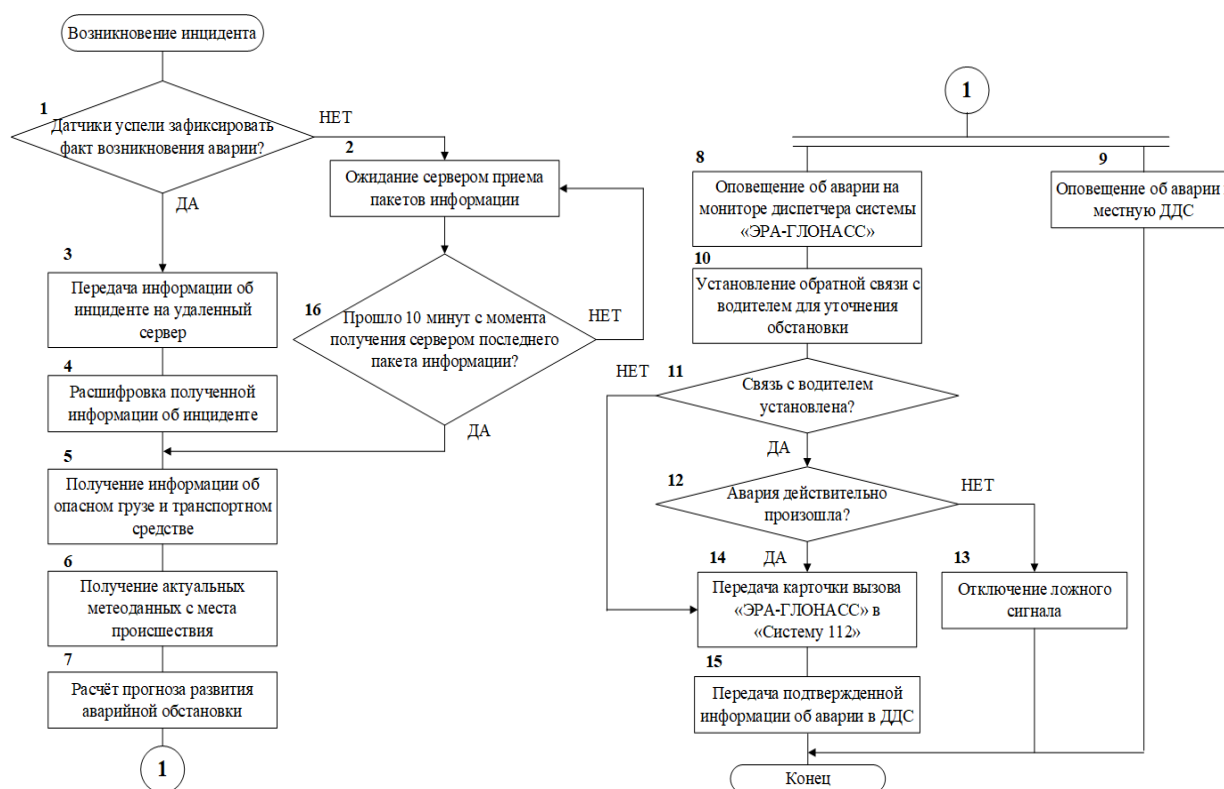


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма информирования об аварии с опасным грузом при применении программно-аппаратного комплекса

Описан механизм работы информационной подсистемы и действий водителя и органов транспортного надзора при угоне ТС с ОГ в целях совершения экономического преступления или проведения террористического акта.

Рассмотренная ранее система идентификации инцидентов на автомобильном транспорте позволила создать оригинальный математический инструмент поддержки управления при автомобильных авариях с ОГ, основанный на задании многомерных булевых функций от переменных состояния датчиков автоматической идентификации инцидентов на ТС с ОГ.

Для поддержки принятия решений ЛПР при управлении силами и средствами РСЧС предлагается использовать многомерные булевы функции от аргументов, представляющих собой состояния датчиков автоматической идентификации факта аварии и параметров ОГ (таблица 2).

Таблица 2 – Задание булевых функций, определяющих совокупность элементов управленческого решения при реагировании на инциденты при автомобильной транспортировке опасных грузов

Датчики				Параметры ОГ			Элементы управленческих решений					
x_1 – датчик температуры	x_2 – датчик давления (уровня жидкости)	x_3 – датчик положения	x_4 – датчик удара	x_5 – ЛВЖ (ГЖ)	x_6 – СУГ	x_7 – АХОВ	Силы и средства			Мероприятия		
1	2	3	4	5	6	7	f_1 – подразделение ДПС	f_2 – подразделение Государственной противопожарной службы (ППС)	f_3 – аварийно-спасательные службы	f_4 – разведка	f_5 – эвакуация населения	f_6 – ликвидация последствий аварии
0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1

Каждый набор переменных в левой части таблицы – показания датчиков и вид опасного груза (x_1, \dots, x_7), обозначает определённый сценарий в результате

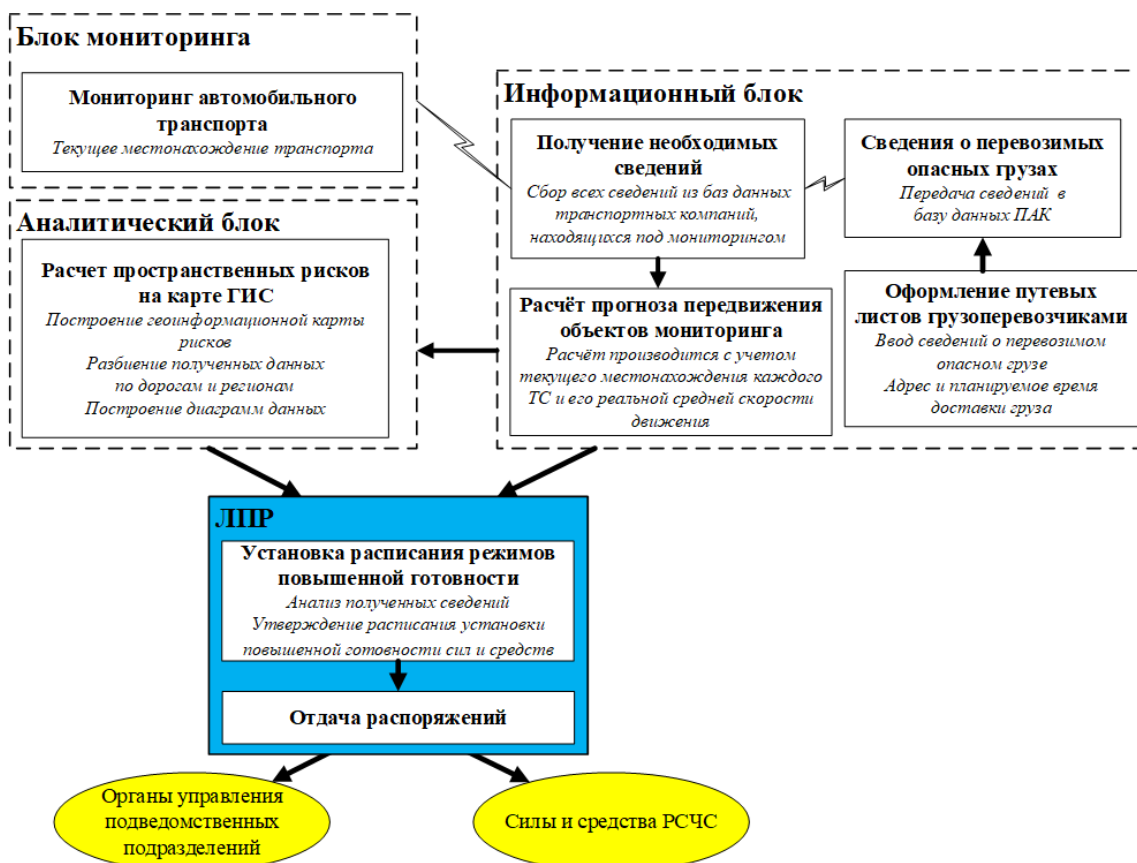


Рисунок 10 – Информационно-аналитическая поддержка ЛПР по формированию расписания установки степени повышенной готовности

Автором определены требования к содержанию интерфейса информационной подсистемы прогнозирования рисков, в состав которого включены графические элементы в виде диаграмм и таблиц, а также карта пространственных рисков. Предлагаемая подсистема ПАК ИАС позволит ЛПР определить моменты установления и отмены режима повышенной готовности и подготовить соответствующие распоряжения службам экстренного реагирования.

В четвертой главе «Технологии информационной поддержки управления в системе обеспечения безопасности автомобильной транспортировки опасных грузов» обоснованы требования к составу проектируемого автором программно-аппаратного комплекса информационно-аналитической системы поддержки управления. Предлагается архитектура информационной подсистемы на базе облачных и WEB технологий, позволяющая оптимизировать расходы на разработку и поддержание программного обеспечения.

Определены основные задачи и функции ПАК ИАС (рисунок 11):

- сбор информации о перевозимом ОГ от грузоперевозчиков;
- информирование диспетчерских служб транспортного надзора о начале транспортировки ОГ;
- анализ и прогнозирование рисков при перевозке ОГ для установки режима повышенной готовности сил и средств экстренного реагирования;

- информирование в автоматическом режиме об инциденте при перевозке опасного груза диспетчерских служб экстренного реагирования;
- связь с водителем в процессе транспортировки и при инциденте;
- информационная поддержка ЛПР экстренных служб по принятию управленческих решений на ликвидацию последствий аварии;
- геоинформационная система поддержки управления.

Автором построена архитектура баз данных, обеспечивающая необходимый функционал поддержки принятия управленческих решений, заключающийся в сборе, хранении и обработке поступающей информации о перевозимом ОГ. Описан функционал программных модулей, входящих в состав ПАК ИАС. Разработана блок-схема алгоритма центрального программного модуля, обеспечивающего связь между остальными модулями.

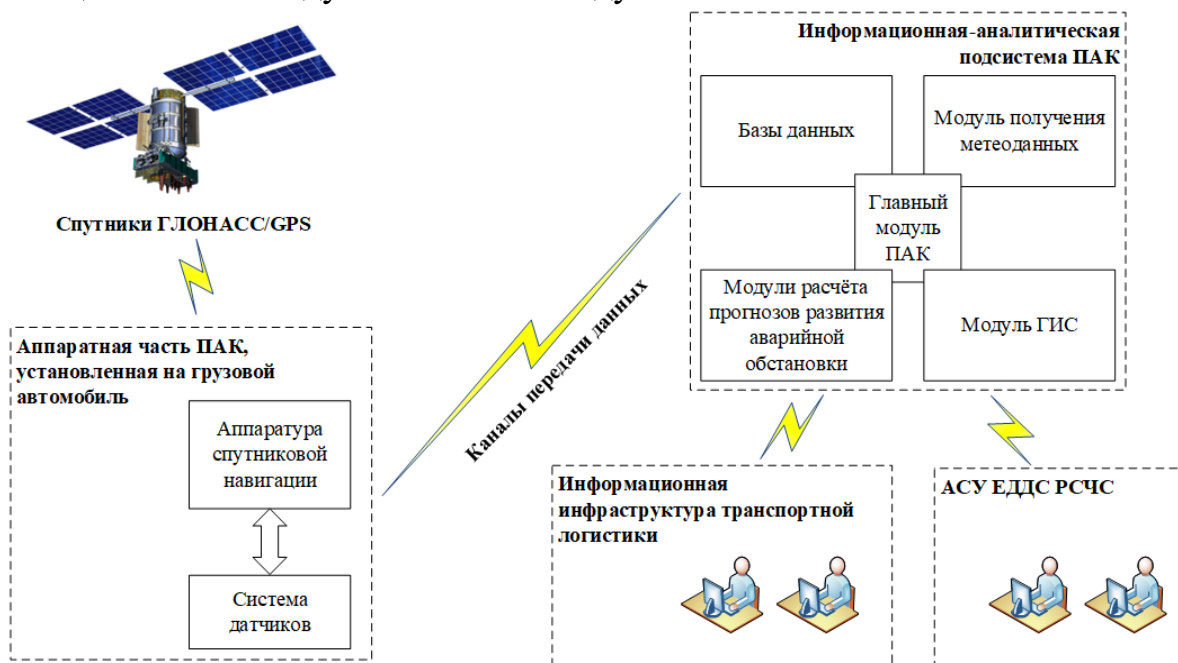


Рисунок 11 – Программно-аппаратный комплекс информационно-аналитической системы мониторинга и поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов

Предлагаемый вариант интерфейса веб-портала (рисунок 12), выполненного с учетом требований международного стандарта ISO 9000:2000, является многопользовательским, с разграничением доступа по типу пользователей.

Эффективность применения ИАС для повышения оперативности управления определяется значительным сокращением времени на информирование экстренных служб об аварии с ОГ и их своевременным реагированием. Проведена оценка временных интервалов, необходимых для оповещения, а также на подготовку и принятие решений по организации необходимых мероприятий при ликвидации последствий автомобильной аварии с ОГ на основе построения соответствующих диаграмм Ганта (рисунок 13 и 14).

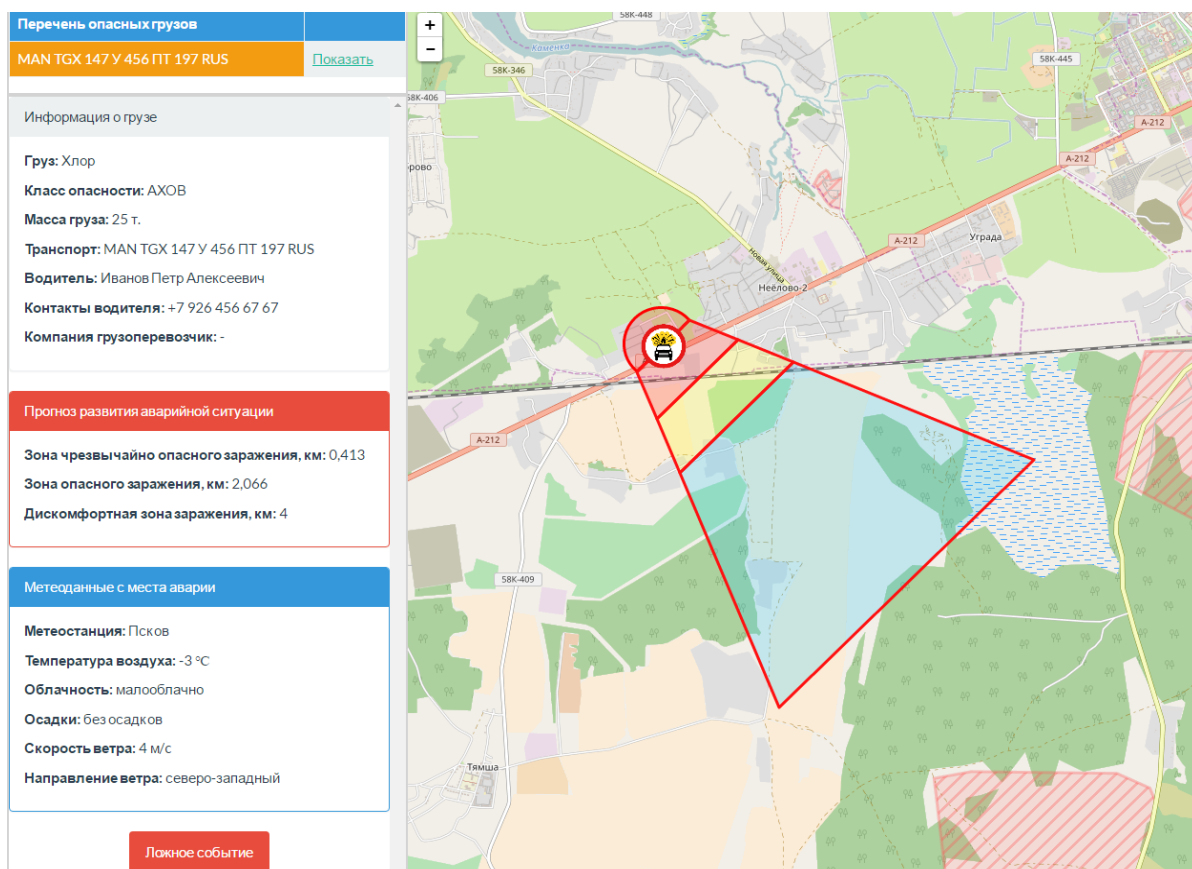


Рисунок 12 – Интерфейс портала программно-аппаратного комплекса поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов

Для случая управления без программно-аппаратного комплекса ИАС суммарное время составляет 115 минут (рисунок 13). При использовании программно-аппаратного комплекса ИАС суммарное время сокращается до 30 минут (рисунок 14).

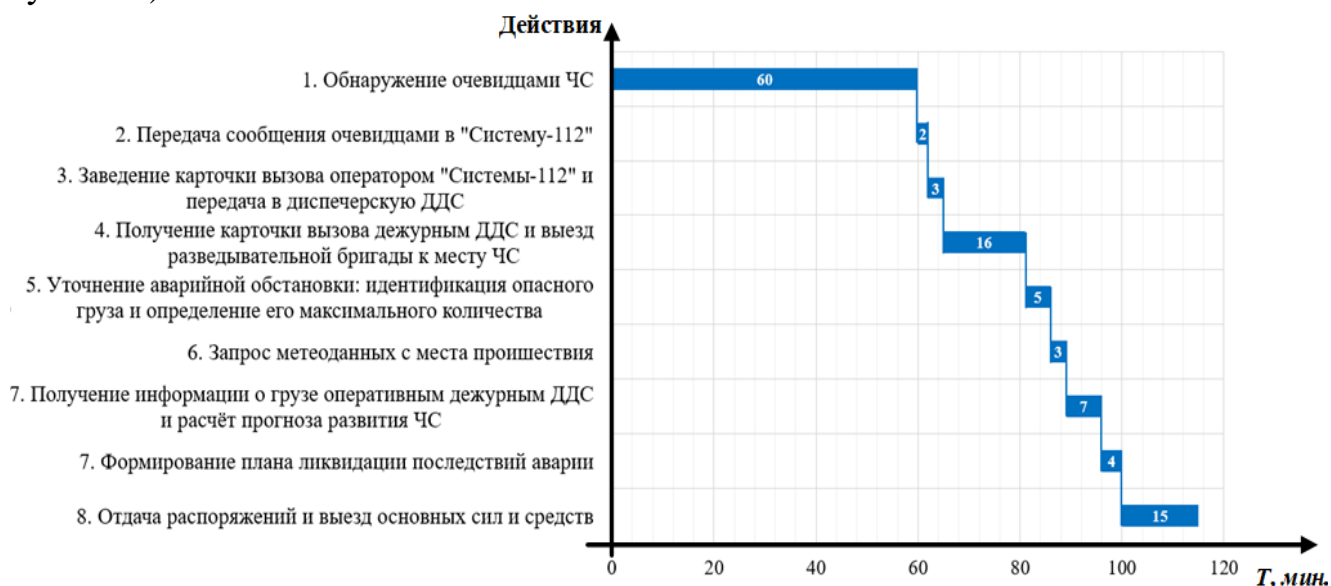


Рисунок 13 – Временные затраты на оповещение и управление реагированием на инциденты при АТОГ без применения ИАС

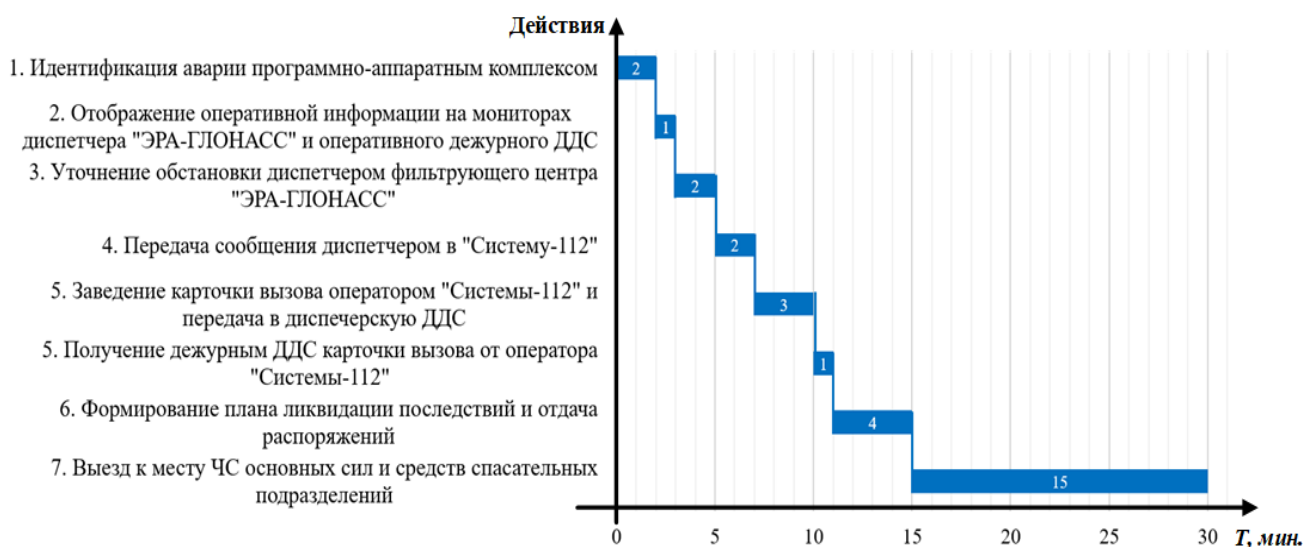


Рисунок 14 – Временные затраты на оповещение и управление реагированием на инциденты при АТОГ при применении ИАС

При применении ПАК, как видно из рисунка 15, временные показатели оперативности не зависят от типа места происшествия.

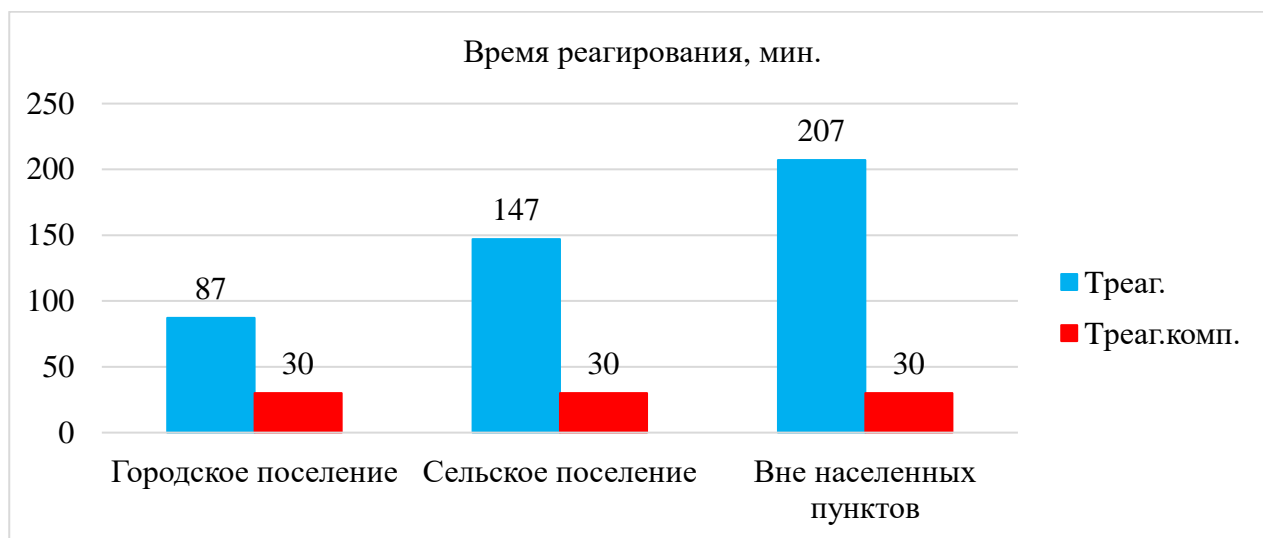


Рисунок 15 – Время реагирования экстренных служб на автомобильные аварии с опасным грузом без применения ПАК (Треаг.) и при применении ПАК (Треаг.комп.)

Проведена оценка экономической эффективности информационно-аналитической системы поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов. Предполагаемый экономический эффект от внедрения всей территории Российской Федерации информационно-аналитической системы поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов определяется снижением социально-экономического ущерба от аварий транспортных средств с опасным грузом и их последствий и составит около 700 млн руб. в течение ближайших пяти лет.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В диссертационной работе предлагается ряд научно обоснованных решений, обеспечивающих интеллектуальную поддержку управления безопасностью транспортных систем и направленных на снижение рисков при автомобильной транспортировке опасных грузов. В ходе исследования получены следующие результаты:

1. Моделирование и анализ процессов управления в системе обеспечения безопасности автомобильной перевозки опасных грузов позволили выявить критические недостатки информационно-аналитического обеспечения деятельности персонала транспортной логистики и подразделений служб экстренного реагирования.

2. Выявлено противоречие между существующей организацией мониторинга перевозки, информирования об инцидентах и принятия решений по реагированию при авариях с опасным грузом, с одной стороны, и технологическими предпосылками построения современной информационно-аналитической системы эффективного и оперативного управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов, с другой стороны.

3. Построены функциональные модели и алгоритмы управления системой обеспечения безопасности автомобильной транспортировки опасных грузов; дискретно-событийная модель функционирования системы идентификации инцидентов на транспортном средстве с опасным грузом; модели и алгоритмы принятия решений по управлению рисками и реагированию на инциденты при автомобильной транспортировке опасных грузов. Совокупность моделей и алгоритмов является интеллектуальной основой проектирования информационно-аналитических систем, позволяющих повысить оперативность реагирования на автомобильные аварии с опасным грузом, а также обеспечить необходимый уровень готовности подразделений аварийно-спасательных служб.

4. Предложен математический инструментарий, основанный на задании многомерных булевых функций от параметров состояния датчиков автоматической идентификации инцидентов при перевозке опасных грузов, обеспечивающий построение алгоритмов генерации элементов управленческого решения по привлечению сил и средств экстренного реагирования, а также необходимых действий и мероприятий при ликвидации последствий аварий с опасным грузом.

5. Обоснованы структура и функции информационно-аналитической системы поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов, обеспечивающей значительное повышение оперативности реагирования аварийно-спасательных подразделений и включающей подсистемы управления рисками и реагирования на инциденты.

б. Прогнозируется значительное снижение социально-экономического ущерба от аварий транспортных средств с опасным грузом и их последствий при внедрении информационно-аналитической системы поддержки управления безопасностью автомобильной транспортировки опасных грузов.

Предложенные автором новые подходы к совершенствованию информационно-аналитической системы мониторинга процесса транспортировки опасных грузов позволяют значительно повысить качество и оперативность управления персоналом транспортной логистики и подразделениями служб экстренного реагирования, тем самым создавая реальные предпосылки для существенного снижения социально-экономических потерь при функционировании транспортных систем.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

в иностранных научных изданиях, включенных в библиографическую базу данных Scopus:

1. Kirsanov A. A., Tatarinov V. V. Mathematical model of decision support system for motor vehicle collision with dangerous goods // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2019. – Т. 2195. – №. 1. – С. 020044.
2. Kirsanov A. A., Tatarinov V. V. Designing a hardware and software packages for accidents informing on automobile transport with dangerous goods // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2019. – Т. 2195. – №. 1. – С. 020058.
3. Kirsanov A. A., Tatarinov V. V., Prus U. V. Decision support software for chemical accident elimination management // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2019. – Т. 2195. – №. 1. – С. 020076.
4. Kirsanov A., Tatarinov V. Enhancement of monitoring systems for the transport of dangerous goods by road // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 492. – №. 1. – С. 012017.
5. Kirsanov A., Tatarinov V. Information support for safety insurance of road transport of dangerous goods // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 492. – №. 1. – С. 012006.

в научных изданиях, рекомендованных ВАК России для публикации основных результатов диссертационного исследования:

- б. Кирсанов, А.А. Обоснование состава датчиков автоматической идентификации ДТП с опасным грузом [Текст] / А.А. Кирсанов, А.И. Карнюшкин, В.В. Сеницын, В.В. Хаустов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 4 (17). – С. 91–98.
7. Кирсанов, А.А. Влияние метеоусловий, количества и свойств аварийно химически опасных веществ на параметры зоны химического заражения [Текст] / А.А. Кирсанов, Е.В. Кожемякина, В.В. Сеницын // Безопасность в техносфере. – 2016. – № 3 (60). – С. 71–77.

8. Кирсанов, А.А. Оперативная оценка параметров ударной волны при взрыве газозоудной смеси [Электронный ресурс] / А.А. Кирсанов, А.Б. Богданович, В.В. Синецын, В.В. Татаринов // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 3 (67). – С. 112–116. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/16-03-16.ttb.pdf> (дата обращения 22.12.2019).
9. Кирсанов, А.А. О динамике площади испарения нефтепродуктов при заправке крупнотоннажных ёмкостей [Электронный ресурс] / А.А. Кирсанов, В.В. Синецын, В.В. Татаринов // Технологии техносферной безопасности – 2016. – № 4(68). – С. 165–173. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-4/17-04-16.ttb.pdf> (дата обращения 22.12.2019).
10. Кирсанов, А.А. Автоматизированная система идентификации характера автомобильных аварий с опасным грузом [Электронный ресурс] / А.А. Кирсанов, В.В. Синецын, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 4 (74). – С. 111–115. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-4/19-04-17.ttb.pdf> (дата обращения 22.12.2019).
11. Кирсанов, А.А. Методика построения программно-аппаратного комплекса для оповещения об аварии с опасным грузом на автотранспорте [Текст] / А.А. Кирсанов, В.В. Синецын, В.В. Татаринов // Безопасность в техносфере. – 2017. – № 5. – С. 61–67.
12. Кирсанов, А.А. Статистика автомобильных перевозок опасных грузов и происшествий [Электронный ресурс] / А.А. Кирсанов, В.В. Синецын, В.В. Татаринов, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – 2018. – № 4(80). – С. 24–35. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-4/02-04-18.ttb.pdf> (дата обращения 22.12.2019).
13. Кирсанов, А.А. Совершенствование процессов управления в системе обеспечения безопасности автомобильных перевозок опасных грузов [Электронный ресурс] / А.А. Кирсанов, В.В. Синецын, В.В. Татаринов, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – № 1(83). – 2019. – С. 50–60. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-1/01-01-19.ttb.pdf> (дата обращения 16.01.2020).
14. Кирсанов, А.А. Моделирование системы поддержки принятия управленческих решений при ликвидации автомобильных аварий с опасным грузом [Электронный ресурс] / А.А. Кирсанов, В.В. Синецын, В.В. Татаринов, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности. – № 2(84). – 2019. – С. 84–90. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2019-2/12-02-19.ttb.pdf> (дата обращения 16.01.2020).
15. Кирсанов, А.А. Информационная поддержка управления перевозкой опасных грузов автомобильным транспортом [Текст] / А.А. Кирсанов, В.В. Синецын, В.В. Татаринов // Безопасность в техносфере. – 2019. – № 1. – С. 44–50.
в других изданиях:
16. Кирсанов, А.А. Информационные аспекты оперативного контроля подвижных объектов повышенной опасности [Текст] // Студенческий науч. вестник, сб. статей докл. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – С. 16–16.
17. Кирсанов, А.А. Синецын, В.В. Оперативный контроль подвижных объектов повышенной опасности [Текст] // Экология и защита окружающей среды: сб.

- тез. докл. международной науч.-практ. конф. 19-20 марта 2014 г. – Минск : Изд. центр БГУ, 2014. – С. 318–320.
18. Кирсанов, А.А. Сеницын, В.В. Повышение оперативности принятия управленческих решений на ликвидацию последствий аварии с опасным грузом на основе спутниковых и информационных технологий [Текст] // Будущее машиностроения России: сборник докладов VIII Всероссийской конф., 2015. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. – С. 682–686.
 19. Кирсанов, А.А. Сеницын, В.В. О необходимости ведения статистики о дорожно-транспортных происшествиях с опасным грузом [Текст] // Будущее машиностроения России: сборник докладов IX Всероссийской конф., 2016. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. – С. 492–494.
 20. Кирсанов, А.А. Сеницын, В.В. Мониторинг безопасности автомобильных перевозок опасных грузов на основе прогнозирования рисков [Текст] // Естественнонаучные и математические дисциплины в транспортной отрасли: сб. тез. док. меж. науч.-практ. конф. обучающихся. – М.: Альтаир–МГАВТ, 2018. – С. 143–147.
 21. Кирсанов, А.А. Прус, М.Ю. Туниеков, Д.С. Мониторинг безопасности автомобильных перевозок опасных грузов на основе прогнозирования рисков [Текст] // Современ. информ. технологии в образовании, науке и промышленности: сб. тр. XIII междунар. конф. – М.: «Спутник+», 2019. – С. 131–133.
 22. Кирсанов, А.А. Прус, М.Ю. Туниеков, Д.С. Системы информирования об автомобильной аварии с опасным грузом рисков [Текст] // Проблемы управления безопасностью сложных систем: сб. тр. XXVII междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2019. – С. 372–377.
- Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:***
23. Кирсанов А.А., Сеницын В.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015662165. Программное обеспечение исследования влияния массы, метеоусловий, токсичности и физико-химических свойств АХОВ на параметры зоны химического заражения. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 18.11.2015 г.
 24. Кирсанов А.А., Сеницын В.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660517. Программный комплекс оперативного оповещения дежурных служб МЧС о факте и последствиях автомобильной аварии с опасным грузом (АХОВ и ГВС). Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 16.09.2016 г.