

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ

На правах рукописи

АМИНАГА БАХМАН оглу САДЫГОВ

**МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
УПРАВЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

1203.01 – Компьютерные науки

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора наук по технике

Баку – 2013

Диссертационная работа выполнена в Институте кибернетики Национальной академии наук Азербайджана.

Научный консультант:

академик НАН Азербайджана,
доктор наук по технике, профессор Т.А.Алиев

Официальные оппоненты:

доктор наук по технике, профессор С.М.Джафаров
доктор наук по технике, профессор М.Г.Мамедова
доктор наук по технике, доцент Н.Б.Агаев

Ведущая организация:

Институт информационных технологий Национальной академии наук Азербайджана

Защита состоится «03» 06 2013 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 01.121 при Институте кибернетики им. акад. А.И.Гусейнова НАН Азербайджана по адресу: AZ1141, г. Баку, ул. Б. Вахабзаде, 9.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института кибернетики НАН Азербайджана.

Автореферат разослан: « » 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор наук по математике, проф.

К.Ш.Мамедов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертации исследуются и разрабатываются новые модели, методы и технологии, направленные на совершенствование управления защитными мероприятиями в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Диссертационная работа обобщает результаты, полученные автором при выполнении научно-исследовательской работы в соответствии с планом научных исследований Института кибернетики, утвержденный Президиумом НАНА. Работа была инициирована академиком Т.А.Алиевым и выполнялась в развитие системной методологии автоматизации управления организационно-технологическими процессами.

Актуальность темы. Интенсивное развитие промышленности, недостаточное обеспечение безопасности производственных процессов, быстрый рост населения планеты, разрушительные военные конфликты часто приводят к возникновению крупных аварий, стихийных бедствий, эпидемий и катастроф. Наблюдается общемировая тенденция роста числа и масштабов техногенных и природных ЧС. Усиливается их отрицательное влияние на окружающую среду. Ежегодные потери от техногенных и природных ЧС во всем мире измеряются сотнями тысяч человеческих жертв, а материальный ущерб – десятками миллиардов долларов США.

Снижение социально-экономического ущерба от ЧС может быть достигнуто за счет заблаговременного прогнозирования возникновения ЧС и их последствий, организации предупредительных мер по устранению возможных причин аварий и катастроф, определения наиболее эффективных мер для ликвидации ЧС и оперативной поддержки принятия решений в кризисных ситуациях.

Оперативное реагирование на возникновение ЧС является основным фактором, определяющим эффективность управленческих решений. Природные и техногенные ЧС, как правило, быстротечны, и эффективность управления определяется, главным образом, тем, насколько быстро в момент ЧС формируются адекватные решения.

Среди мер, обеспечивающих как безопасность страны в целом, так и безопасность каждого субъекта – города, района, объекта и гражданина важное место занимают меры по предупреждению ЧС, а в случае их возникновения – меры по их ликвидации, обеспечению защиты населения, материальных и культурных ценностей от ЧС. Одним из путей уменьшения разрушительного воздействия этих ЧС и сокращения ущерба от их возникновения является использование возможностей современной вычислительной техники и информационных технологий, позволяющих улучшить подготовку персонала системы предупреждения и действий в ЧС

и значительно повысить эффективность оперативного управления объектами и территориями при ликвидации ЧС природного и техногенного характера.

В настоящее время разработаны и функционируют различные информационные системы, в том числе центры управления в кризисных ситуациях, системы оперативно-диспетчерского управления в ЧС, дежурно-диспетчерские службы, системы мониторинга окружающей среды, прогнозирования и ликвидации ЧС на потенциально опасных промышленных объектах и др.

Вместе с тем большинство систем оперативного управления позволяют обеспечить рациональный режим работы только отдельных взятых групп оборудования в стереотипных производственных ситуациях и, как правило, не выдают рекомендаций оперативно-диспетчерскому персоналу при возникновении аварийных и штатных ситуаций комплексного характера, затрагивающих весь производственный процесс в целом. Между тем, как показывает практика, многие ЧС развиваются на основе техногенных происшествий именно этого уровня вследствие конструктивных недостатков и изношенности используемого оборудования, низкой квалификации и халатности производственного персонала, серьезных нарушений техники безопасности и т.д.

Несмотря на успешное создание различных систем, широкое внедрение и эффективное использование новых информационных технологий в органах управления различных уровней и назначения в ЧС существенно затрудняется из-за отсутствия единого научно-обоснованного подхода к автоматизации решения задач управления в ЧС. Такой подход необходим для обеспечения оперативного и согласованного решения задач в многоуровневой территориально распределенной системе управления в соответствии с быстро и значительно изменяющейся обстановкой в ЧС. На современном этапе требуется обобщить накопленный опыт и разработать единые концептуальные положения, методологические и системно-технические основы построения и функционирования автоматизированных систем, обеспечивающих оперативное и согласованное решение задач в иерархической структуре управления.

Задачи по совершенствованию предупреждения и ликвидации последствий ЧС поставлены в ряде документов, принятых руководством страны. Тем самым, объективные аспекты актуальности рассматриваемых задач закреплены государственными решениями, которые создают широкий фронт работы для создания научных основ и разработки прикладных систем в этой области.

Это обстоятельство обуславливает необходимость разработки и внед-

рения новых математических моделей, алгоритмов и комплексов программ и технологий, позволяющих значительно повысить эффективность оперативного управления объектами и территориями при ликвидации ЧС природного и техногенного характера. Управление в условиях ЧС отличается от обычных условий гибкостью, необходимостью работы с недостоверной и неполной информацией, высоким темпом изменения ситуации, необходимостью формирования в кратчайшие сроки как можно более эффективных решений, требованиями минимизации времени и потерь при ликвидации ЧС. Эти особенности требуют развития новой методологии поддержки управленческих решений, основанной на использовании сценарного подхода и методологии ситуационного управления в сочетании с новыми методами информационного моделирования.

Настоящая диссертационная работа посвящена этой актуальной научной и научно-технической проблеме.

Степень изученности проблемы: В мировой практике накоплен значительный опыт по решению задач автоматизированной поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС. За рубежом ряд авторитетных ученых внесли весомый вклад в развитие математического обеспечения решения задач управления в ЧС. Среди них Порфирьев Б.Н., Сергиенко И.В., Дейнеко В.С., Быченко Н.Н., Пампуро В.И., Пепеляев В.А., Атоев К.Л., Трухаев Р.И., Янг С., Михалевич В.С., Михно Е.П., Саков А.А., Ноженкова Л.Ф., Родичев В.А. и др. В Азербайджане различные аспекты управления в ЧС исследованы учеными Алиев Т.А., Оджагов Г.О., Гасанов А.Б., Мамедов Р.М., Етирмишли К.Дж. и другими, а также рядом специалистов соответствующих государственных органов и служб. Гасанов Р.Э., Исмаилова А.М. и Абдиева-Алиева Г.А. в качестве докторанта проводят исследования под руководством соискателя.

Цель и задачи работы. В диссертации поставлена цель – осуществить проблемно-ориентированное исследование, разработку и реализацию системных принципов, методов и средств, направленных на создание математических моделей и информационных технологий для решения задач в иерархической структуре управления в ЧС. Для достижения этой цели необходимо:

- разработать методы и сформулировать алгоритмы решения практически значимых задач управления в условиях неполной определенности и дефицита времени в ЧС;
- разработать и реализовать информационно-программные средства

для решения задач управления в ЧС по запросам рассредоточенных и разноприоритетных пользователей;

- определить рациональные процедуры человеко-машинного взаимодействия при решении задач для практически значимых приложений в ЧС.

Методы исследования. Исследования и разработки проведены с использованием методов системного анализа, теории управления, теории графов, иерархических систем, объектно-ориентированного проектирования, теории баз данных, моделей и методов представления и обработки пространственной информации, методологии системного подхода в проектировании больших систем, методов построения систем поддержки управления и систем поддержки принятия решений, методологии сценарного подхода, методологии ситуационного управления, математического моделирования, экспертных оценок, информационных технологий и др. В качестве источников повышенного риска выбраны химически и другие экологически опасные объекты, каскады плотин гидроузлов и сейсмически активные регионы, представляющие наибольшую потенциальную опасность. Использованы методические материалы по прогнозированию последствий их проявления, а также данные обследования информационных потоков Министерства по чрезвычайным ситуациям, Министерства экологии и природных ресурсов, Республиканской сейсмологической службы, региональных научных центров и других органов управления Азербайджанской Республики.

Объект исследования: Организационно-технологические системы и процессы управления в ЧС.

Научная новизна полученных результатов. В диссертации впервые проведен системный анализ функционирования региона и объекта в условиях ЧС, что позволило формализовать описание процессов развития ЧС и поддержки принятия решений в иерархической структуре управления. Разработана общая классификация ЧС и сформулированы задачи управления защитными мероприятиями. В результате классификации выделены существенные, определяющие процессы проявления поражающих воздействий и выполнения защитных мероприятий. На этой основе разработаны единые концептуальные положения, системная методология и модельно-алгоритмический аппарат для создания, использования и развития автоматизированных систем нового подкласса, ориентированного на задачи управления в ЧС. Предложена система показателей защиты, которые допускают оперативное измерение в реальных условиях. Раскрыты функциональные и инструментальные задачи для осуществления контроля и анализа состоя-

ния компонентов в зонах возможного или реального проявления поражающих воздействий, для подготовки оперативных и обоснованных решений по предотвращению или минимизации потерь и затрат в ЧС, для обучения и тренировки рациональным действиям в экстремальных условиях. Рассмотрена задача определения эффективности создания и использования автоматизированной системы управления в ЧС, рассмотрена задача оптимального управления при определении соотношения выгоды/затраты при ликвидации последствий ЧС. Развита стохастическая модель в части описания потребностей в объемах продукции конкретными законами распределения непрерывных случайных величин и разработана модель для определения оптимальных потребностей в поставках в ЧС.

Создана технология ведения базы данных о паспортизации потенциально опасных объектов. Рассмотрены методологические ограничения теории обеспечения безопасности экологически опасных объектов.

Разработан методологический подход к созданию системно-иерархического классификатора ЧС, учитывающего характер, класс, тип, причину, масштаб, весомость и тяжесть последствий ЧС. Разработана организационная структура АСУ в ЧС и исследованы процессы человеко-машинного взаимодействия при ее функционировании. Определены перспективные направления для использования и развития автоматизированных информационных технологий в иерархической структуре управления в ЧС.

Проведен анализ подходов к оценке рисков жизнедеятельности от ЧС природного и техногенного характера. С учетом существующих методов оценки риска, разработаны новые методы для оценки более сложных ситуаций, наблюдаемых в реальной жизни, в том числе для оценки индивидуального, коллективного, регионального, а также территориального рисков от воздействия поражающего фактора по тем или иным сценариям развития ЧС. Предложены методы оценки рисков от воздействия опасных экзогенных геологических процессов. Сформулированы критерии для управления рисками жизнедеятельности в ЧС. На основе теории катастроф предложена методология моделирования режимов с внезапными изменениями, которые нарушают непрерывность и вызывают нестабильность широкого круга систем.

Разработаны математические модели распространения загрязняющих веществ в водной среде, в том числе, построена математическая модель расчета распространения загрязняющих веществ в водоемах при залповом (мгновенном) сбросе, разработаны основные положения математической

модели, описывающей процесс эрозии поверхностного слоя почвы под воздействием турбулентного сплошного дождевого потока, на основе формализации взаимодействия глобальных и гидрологических изменений, предложен математический подход для управления водными ресурсами, создана модель, которая позволяет получить оперативную информацию об уровне загрязнения атмосферы вблизи газоопасных предприятий и в прилегающих к ним районах. Получены формулы для расчёта скорости и максимальной дальности полёта сгорающей частицы. Продемонстрировано применение робастных методов для решения задач управления в ЧС.

Основные результаты, которые выносятся на защиту:

Лично соискателем впервые получены следующие результаты, которые выносятся на защиту:

- общая классификация ЧС по причинно-следственным и пространственно-временным признакам;
- формализованное представление процессов развития ЧС в виде ориентированного мультиграфа, отображающего альтернативы проявления поражающих воздействий и выполнения защитных мероприятий;
- формулировка основных задач управления в ЧС и их декомпозиция в виде иерархической системы контуров оперативного управления;
- структуризация процессов проектирования АСУ в виде итерационной процедуры, позволяющей последовательно уточнять и расширять цели, задачи и структурный состав системы с учетом стоимостных и временных показателей ее эффективности;
- метод пространственно-временного отображения прогнозируемой обстановки и алгоритмы решения практически значимых прогнозных задач в АСУ;
- событийная модель развития ЧС, которая представляет собой систему альтернативных каузальных связей между региональными компонентами в ЧС;
- метод оценки эффективности создания и использования АСУ региональной защитой в ЧС;
- технология ведения базы данных о паспортизации потенциально опасных объектов;
- технология создания системно-иерархического классификатора ЧС;
- математическая модель расчета распространения загрязняющих веществ в водоемах при залповом (мгновенном) сбросе;
- математическая модель дождевой эрозии почвы на водосборе сложной формы;
- математическая модель управления водными ресурсами в условиях

неопределенности;

- математическая модель создания экологической модели газоопасного предприятия;

- аналитическая формула расчёта скорости и максимальной дальности полёта сгорающей частицы.

- робастный метод решения задачи для минимизации рисков техногенных влияний.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов.

Часть результатов диссертации включены в монографии соискателя [11], [18], а также опубликованы в других научных трудах, которые используются специалистами государственных органов по защите населения в ЧС и ликвидации последствий ЧС, а также специалистами, занимающимися исследованиями в области математического моделирования технологических процессов.

Акты Министерства экологии и природных ресурсов, Академии Министерства по чрезвычайным ситуациям Азербайджанской Республики, Азербайджанского университета архитектуры и строительства, Ланкаранского государственного университета, Ланкаранского регионального научного центра НАНА, Шекинского региональном научного центра НАНА, свидетельствуют о том, что результаты диссертации используются в научных исследованиях и учебных программах высших учебных заведений соответствующего профиля, в разработке научно-технических программ и т.д.

Результаты также могут быть использованы:

- сотрудниками государственных органов по защите населения в ЧС и ликвидации последствий ЧС, а также специалистами, занимающимися разработкой справочно-информационных поисковых систем и т.д.

- сотрудниками государственных органов и специалистами занимающимися вопросами защиты окружающей среды, мониторинга экологической обстановки, а также решением вопросов по ликвидации последствий аварий в ЧС;

- сотрудниками государственных органов и специалистами, занимающимися подготовкой земельных карт, а также решением вопросов по ликвидации последствий ЧС, связанных с эрозией почвы;

- позволят оперативно определить тип и масштаб аварий и таким образом помогут своевременно ликвидировать их последствия. А это в свою очередь значительно уменьшит объем потерь;

- позволят своевременно определить аварии на газоопасном предприятии, оценить степень загазованности и таким образом оперативно ликвидировать их последствия.

Апробация результатов диссертации. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всесоюзной научно-практической конференции (Москва, 1989), I республиканской конференции по математике и механике (Баку, 1995), Республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий» (Баку, 2003), II научно-практической конференции по ослаблению влияния чрезвычайных ситуаций на устойчивое развитие страны (Баку, 2003), Республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий» (Баку, 2004), Международной научно-практической конференции «Формирование и управление информационно-коммуникационной инфраструктуры в социально-экономическом развитии регионов» (Ланкаран, 2006), Международном семинар-тренинге в Малайзии (Куала-Лумпур, 2008), Международной конференции «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху Великого Возрождения» (Ашгабад, 2010), Девятом международном симпозиуме (Москва, 2010 г.), Международной конференции «Двадцать пять лет Чернобыльской катастрофы. Безопасность будущего» (Киев, 2011), Международной конференции «Образование, наука, спорт и туризм в эпоху Великого Возрождения» (г. Ашгабад, 2011), Республиканской научной конференции «Стратегия развития Азербайджана и актуальные научные проблемы» (Ланкаран, 2011), на региональном семинаре в Израиле (Тель-Авив, 2011), Международной конференции «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху Великого Возрождения» (Ашгабад, 2012), Международной конференции «Проблемы кибернетики и информатики» (Баку, 2012), Международной конференции «От диалога к совместным программам» (Бонн, 2012), на Международной конференции, посвященной итогам проекта 7-ой рамочной программы Европейской Комиссии BS-ERA.NET (Бухарест, 2012), на семинарах во время стажировки в США (Вашингтон, Бостон, Филадельфия, 2012), на заседаниях ученого совета и семинарах Института кибернетики НАН Азербайджана, на заседании Проблемного совета «Кибернетика, информационные технологии и техника» Республиканского совета по организации и координации научных исследований (Баку, 2005, 2011), на семинаре в Институте кибернетики НАН Украины им. В.М.Глушкова во время стажировки (Киев, 2003), на семинарах кафедры Чрезвычайные ситуации и безопасность жизнедеятельности Азербайджанского университета архитектуры и строительства (Баку, 2005, 2009, 2012).

Достоверность результатов диссертации подтверждается соответствующим математическим аппаратом, а также примерами решения задач, на которых продемонстрированы предлагаемые модели и технологии.

Публикации: По теме диссертации опубликовано 48 работ. В том числе 32 статьи в научных журналах, которые внесены в перечень изданий, утвержденный ВАК-ом Азербайджанской Республики, из них 8 статей в авторитетных зарубежных журналах, 2 монографии изданные Издательством «Элм» по решению ученого совета Института кибернетики и Редакционно-издательского совета НАН Азербайджана, 14 работ в материалах международных и республиканских конференций.

Структура и объем работы: Диссертация состоит из введения, 6-ти глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 206 наименований и приложения. Основная часть диссертации изложена на 261-ой странице компьютерного текста, содержит 29 рисунков, 9 таблиц и 1 схему.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, приводится краткий обзор проводимых исследований в данной области отечественными и зарубежными учеными, формулируются цель и задачи исследования, перечисляются методы и объекты исследования, приводятся основные результаты, которые выносятся на защиту, их научная новизна и практическая значимость, а также сведения об апробации работы и внедрении результатов исследований.

В первой главе исследуются процессы развития ЧС и формулируются задачи управления защитными мероприятиями. Вначале уточняются исходные понятия и разрабатывается общая классификация ЧС. В результате классификации выделяются существенные, определяющие процессы проявления поражающих воздействий и выполнения защитных мероприятий.

Чрезвычайная ситуация, это обстановка на определенной территории или объекте, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери.

Источники поражающих воздействий, это компоненты, допускающие такие трудно предсказуемые изменения своих состояний, при которых возникает прямая угроза, либо непосредственное поражение людей или объектов жизнеобеспечения.

Разнообразие ЧС весьма велико, поэтому для их классификации ис-

пользованы общие причинно-следственные и пространственно-временные признаки.

По *причине возникновения* (V) различаются ЧС техногенного, природного, экологического, социального и военного происхождения.

По *неблагоприятным последствиям* (X) различаются ЧС, приводящие к потерям среди населения, к ущербу народнохозяйственным объектам и к поражению окружающей природной среды.

По *обеспечению защиты* (Z) от неблагоприятных последствий различаются ЧС, характеризуемые использованием разведывательно-контролирующих, инженерно-технических, медико-биологических, эвакуационно-транспортных и материально-продовольственных ресурсов.

По *пространственному признаку* (S) различаются ЧС в зависимости от масштабов неблагоприятных последствий: локальные, местные, региональные, национальные, глобальные.

По *временному признаку* (T) различаются ЧС в зависимости от периода и динамики проявления поражающих воздействий и выполнения защитных мероприятий: угрожаемые; кризисные; послекризисные.

Таким образом, рассматриваемые ЧС характеризуются следующей совокупностью Σ открытых классификационных группировок:

$$\Sigma = (V, X, Z, S, T), \quad (1)$$

$$\text{где } V = \bigcup_{\gamma} \bigcup_{\rho} V_{\gamma}^{\rho}; \quad X = \bigcup_{\alpha} \bigcup_{\kappa} X_{\alpha}^{\kappa}; \quad Z = \bigcup_{\beta} \bigcup_{\psi} Z_{\beta}^{\psi};$$

$$S = \bigcup_i S_i \quad \text{и} \quad T = \bigcup_j T_j.$$

Далее, не ограничивая общности рассмотрения, исследованы причинно-следственные связи между источниками поражающих воздействий, объектами поражения и защиты и ресурсами защитных мероприятий в ЧС регионального уровня.

В результате классификации выделяются существенные, определяющие процессы проявления поражающих воздействий и выполнения защитных мероприятий. Для структуризации этих факторов и формулировки задач управления предлагается система показателей защиты, которые допускают оперативное измерение в реальных условиях.

Функционирование региона в ЧС рассматривается как процесс последовательно-параллельного изменения состояний региональных компонентов. Поэтому его можно представить в виде формальной системы:

$$\Sigma = (T, X, U, Y, H, G), \quad (2)$$

где T – множество компонентов времени; X – множество состояний системы; U – множество допустимых входных воздействий; Y – множество выходных величин; $H : T \times X \times U \rightarrow X$ – оператор переходов системы, $G : T \times X \times U \rightarrow Y$ – оператор выходов системы.

Множество моментов времени T , на котором рассматривается функционирование региональной системы, задается упорядоченным подмножеством множества вещественных чисел. В любой момент времени $t \in T$ состояние системы $X_t \in X$ представляется вектором состояний объектов поражения и защиты:

$$X_t = (X_{1t}, \dots, X_{at}, \dots, X_{nt})$$

Защитные мероприятия могут выполняться в любой момент времени $t \in T$ ресурсами $Z_t \in Z$, которые образуют вектор:

$$Z_t = (Z_{1t}, \dots, Z_{\beta t}, \dots, Z_{mt})$$

Поражающие воздействия также могут проявляться в любой момент времени $t \in T$ от источников $V_t \in V$, образующих вектор:

$$V_t = (V_{1t}, \dots, V_{\gamma t}, \dots, V_{qt})$$

Выходные величины $Y_t \in Y$, характеризующие функционирование системы в любой момент времени $t \in T$, образуют вектор характеристик:

$$Y_t = (Y_{1t}, \dots, Y_{jt}, \dots, Y_{pt})$$

Оператор переходов M определяет траекторию движения систем в фазовом пространстве X_T в зависимости от входных воздействий M и W , т.е. $H = M \times W$. Указанные воздействия разнонаправлены. Поэтому в пространстве X_T различаются две области: желательных состояний X_T^ξ и нежелательных состояний X_T^ω . Область X_T^ξ образуется при движении системы в пространстве защитных мероприятий:

$$M : X_T \times Z_T \rightarrow X_T^\xi,$$

а область X_T^ω – при движении системы в пространстве поражающих воздействий:

$$W : X_T \times V_T \rightarrow X_T^\omega.$$

Повышение эффективности управления РЗ проявляется в уменьшении значений показателей нежелательных состояний за счет увеличения значений показателей желательных состояний. В соответствии с событийной моделью развития ЧС, общий целевой показатель $\max X_{\Gamma}^{\xi}$ достигается последовательно путем реализации промежуточных целевых показателей состояний региональных компонентов в угрожаемый, кризисный и послекризисный периоды.

Вышеизложенное позволяет расчленив общую задачу управления в ЧС по выделенным периодам развития ЧС на три основные задачи:

1) в угрожаемый период – при заданном начальном состоянии объектов X_{α_0} , предупредительности ресурсов $Z_{\beta_1}^{\Psi}$ и угрожаемости источников $V_{\gamma_1}^{\rho}$ определить на ограниченном интервале времени $[t_1, t_u] \in T_u$ такой вектор ресурсов $Z_{\beta[t_1, t_u]}^{\Psi}$, который обеспечивает объектам $X_{\alpha[t_1, t_u]}^{\rho}$, находящимся в зонах риска $V_{\gamma[t_1, t_u]}^{\rho}$, максимальную сопротивляемость:

$$\begin{aligned} \max \{ X_{\alpha[t_1, t_u]}^{\Psi} = M^{\Psi} (X_{\alpha_0}, X_{\alpha[t_1, t_u]}^{\rho}, Z_{\beta[t_1, t_u]}^{\Psi}, V_{\gamma[t_1, t_u]}^{\rho}) \Big|_{Z_{\beta[t_1, t_u]}^{\Psi} \in Z_{\beta_1}^{\Psi}} \\ X_{\alpha[t_1, t_u]}^{\rho} = W^{\rho} (X_{\alpha_0}, V_{\gamma[t_1, t_u]}^{\rho}); \\ X_{\alpha[t_1, t_u]}^{\rho} \in X_{\Gamma_u}^{\rho}; \quad V_{\gamma[t_1, t_u]}^{\rho} \in V_{\Gamma_u}^{\rho} \} \end{aligned}$$

2) в кризисный период – при заданной начальной сопротивляемости объектов $X_{\alpha_u}^{\Psi}$, спасательности ресурсов $Z_{\beta_2}^{\sigma}$ и критичности источников $V_{\gamma_2}^{\pi}$ определить на ограниченном интервале времени $[t_2, t_k] \in T_k$ такой вектор ресурсов $Z_{\beta[t_2, t_k]}^{\sigma}$ который обеспечивает объектам $X_{\alpha[t_2, t_k]}^{\pi}$, попадающим в зоны поражения $V_{\gamma[t_2, t_k]}^{\pi}$, максимальную выживаемость:

$$\begin{aligned} \max \{ X_{\alpha[t_2, t_k]}^{\sigma} = M^{\sigma} (X_{\alpha_u}^{\Psi}, X_{\alpha[t_2, t_k]}^{\pi}, Z_{\beta[t_2, t_k]}^{\sigma}, V_{\gamma[t_2, t_k]}^{\pi}) \Big|_{Z_{\beta[t_2, t_k]}^{\sigma} \in Z_{\beta_2}^{\sigma}} \\ X_{\alpha[t_2, t_k]}^{\pi} = W^{\pi} (X_{\alpha_u}^{\Psi}, V_{\gamma[t_2, t_k]}^{\pi}); \\ X_{\alpha[t_2, t_k]}^{\pi} \in X_{\Gamma_k}^{\pi}; \quad V_{\gamma[t_2, t_k]}^{\pi} \in V_{\Gamma_k}^{\pi} \} \end{aligned}$$

3) в послекризисный период – при заданной начальной выживаемости объектов $X_{\alpha k}^{\sigma}$, восстановительности ресурсов $Z_{\beta 3}^{\theta}$ и послекритичности источников $V_{\gamma 3}^{\delta}$ определить на ограниченном интервале времени $[t_3, t_p] \in T_p$ такой вектор ресурсов $Z_{\beta [t_3, t_p]}^{\theta}$, который обеспечивает объектам $X_{\alpha [t_3, t_p]}^{\delta}$, находящимся в зонах последствия $V_{\gamma [t_3, t_p]}^{\delta}$, максимальную реабилитируемость:

$$\begin{aligned} \max \{ X_{\alpha [t_3, t_p]}^{\theta} = M^{\theta} (X_{\alpha k}^{\sigma}, X_{\alpha [t_3, t_p]}^{\delta}, Z_{\beta [t_3, t_p]}^{\theta}, V_{\gamma [t_3, t_p]}^{\delta}) \Big| Z_{\beta [t_3, t_p]}^{\theta} \in Z_{T_p}^{\theta} \\ X_{\alpha [t_3, t_p]}^{\delta} = W^{\delta} (X_{\alpha k}^{\sigma}, V_{\rho [t_3, t_p]}^{\delta}); \\ X_{\alpha [t_3, t_p]}^{\delta} \in X_{T_p}^{\delta}; \quad V_{\gamma [t_3, t_p]}^{\delta} \in V_{T_p}^{\delta} \} \end{aligned}$$

На практике осуществляется приближенное решение указанных задач путем их декомпозиции на относительно самостоятельные и более простые подзадачи в системе управления региональной защитой. Структуризация факторов поражения и защиты показана на рис. 1.

Далее рассмотрена задача определения эффективности создания и использования автоматизированной системы управления в ЧС, которая определяется соотношением между затратами, связанными с ее созданием и эффектом от ее использования. Также рассмотрена задача оптимального управления при определении соотношения выгоды/затраты при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Численный метод решения задачи оптимального управления модифицирован методом случайного поиска.

Ресурс времени на принятие управленческих решений в ЧС, в большинстве случаев является не постоянным, а зависящим от текущей ситуации. Поэтому трудно математически корректно формализовать его в рамках общей постановки задачи управления. В результате этого инженеру-проектировщику приходится полагаться на интуицию или проводить трудоемкий и непроизводительный перебор. В данной главе эта проблема решается применением динамического программирования с учетом принципа оптимальности.

Рассмотрена задача планирования объемов поставок и перевозок грузов между поставщиками и потребителями в ЧС. Получена математическая модель, которая позволяет определить оптимальные

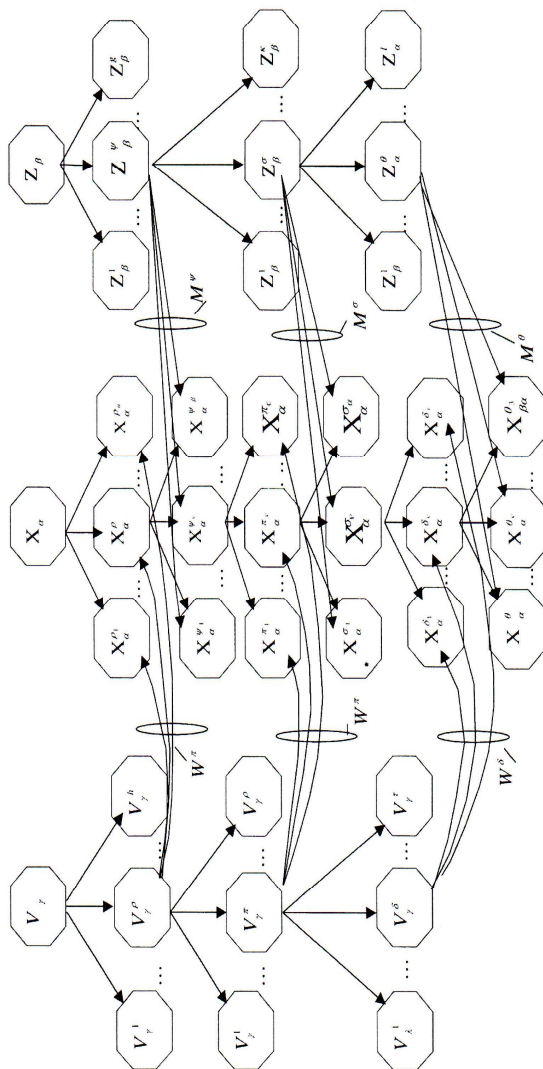


Рис. 1.2. Структуризация факторов поражения и защиты в ЧС

значения объемов продукции для любого количества потребителей при известных числовых характеристиках распределенного по нормальному закону случайного спроса на потребляемую продукцию. Предложена стохастическая модель определения оптимальных объемов поставок от m предприятий до n потребителей при четком законе распределения объемов потребления. Для получения решения использован метод динамического программирования.

Во второй главе Проведен анализ возникновения аварий. Разработан метод оценки риска возникновения аварий на опасных производственных объектах. Для выявления причинно-следственных связей, между случайными событиями, приводящими к аварии и оценки риска использованы вероятностные методы анализа. Они обеспечивают максимальную наглядность и формализацию причинных связей между элементарными нежелательными событиями на объекте и последующим возможным пожаром, создаёт основу для дальнейших аналитических процедур. Сделана попытка определения элементов технических средств системы и событий, которые могут привести к авариям системы, причем эта попытка выполняется тогда, когда система находится еще на стадии проектирования.

Прогнозирование аварийных ситуаций возможно на основе элементарной статистики и дискретного распределения Пуассона, часто применяемого к редким событиям и природным явлениям. Закон надёжности имеет вид:

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right], \quad (3)$$

где величина $\lambda(t) = -\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{d}{dt} P(t)$ называется интенсивностью отказов,

равная вероятности того, что после безотказной работы до момента времени (авария произойдет в последующем малом отрезке времени).

Практика показывает, что после небольшого начального периода эксплуатации функция длительный период достаточно стабильна, т.е. $\lambda(t) = \lambda = const$. Влияние интенсивного старения за счет коррозионного износа, усталости и других факторов должно исключаться регламентированием допустимого срока службы. В период нормального (спокойного) функционирования закон надежности принимает вид экспоненциального распределения:

$$P(t) = \exp(-\lambda t)$$

При функции надёжности в этом виде частота отказов в системе однотипных объектов (поток случайных событий) соответствует дискретному распределению Пуассона:

$$P(m, \lambda \tau) = \frac{(\lambda \tau)^m}{m!} \exp(-\lambda \tau), \quad m = 0, 1, 2, \dots, \lambda \tau > 0.$$

Аварии на временном интервале $\tau(t, t + \tau)$ произойдут m раз с вероятностью $P(m, \lambda \tau)$, а отсутствие аварийных ситуаций (отсутствие отказов) – со следующей вероятностью:

$$P(0, \lambda \tau) = \exp(-\lambda \tau).$$

Вероятность возникновения хотя бы одной аварии представляет оценку риска аварии на объекте за период τ :

$$Q = 1 - P(0, \lambda \tau) = 1 - \exp(-\lambda \tau).$$

Для оценки вероятности хотя бы одной аварии среди N объектов за время τ указанное выражение примет вид:

$$Q = 1 - \exp(-N\lambda \tau).$$

Параметр потока аварий λ иногда называют «техническим риском» или вероятностью аварии в единицу времени. Во многих случаях он служит самостоятельным оценочным показателем опасности возникновения аварии и вычисляется с помощью следующего выражения:

$$\lambda = \frac{n}{N \cdot \Delta \tau}.$$

Угрозу жизни человека при аварии (опасность летального исхода) оценивают «индивидуальным риском»:

$$\lambda_{инд} = \frac{n}{N \cdot \Delta \tau} \cdot \frac{m_{суб}}{m_{раб}}, \quad (4)$$

где n – число объектов, на которых произошла авария за период $\Delta \tau$; N – число эксплуатируемых объектов за тот же период; $m_{суб}$ – среднее число погибших на одном объекте при аварии; $m_{раб}$ – среднее число работающих на одном объекте.

Практика показывает, что крупные аварии, как правило, характеризуются комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии. Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов».

Оценка реального уровня техногенной и природной опасности требует установления наблюдения и постоянного контроля за состоянием потенциально опасных объектов (ПОО). Одним из направлений таких работ является проведение паспортизации потенциально опасных объектов и территорий, которые входят в зону риска возникновения на них ЧС техногенного или природного характера и создание базы данных о ПОО.

Создание базы данных паспортов ПОО и оперативное их ведение дает возможность контролировать состояние всех составляющих ПОО (технические строения, емкости, охрана, условия хранения, сроки хранения, техника безопасности, наличие ЧС и их последствий, средств, предназначенных для ликвидации ЧС, обученность персонала и т.д.), прогнозировать вероятность возникновения ЧС на объекте, определять степень опасности и на основании этих данных принимать решения по предотвращению возникновения ЧП. В паспортах должны быть отражены наиболее существенные характеристики потенциально опасных объектов и территорий, по которым можно оценить его техническое состояние и состояние всех его составляющих.

Формально это может быть описано в виде кортежа:

$$\langle A, X, U, Y, P \rangle, \quad (5)$$

где A – пространство разделов паспорта; X – множество реквизитов, описывающих A ; U – перечень основных руководящих документов, необходимых при планировании организационных мероприятий; Y – пространство оценок; P – состояние ПОО.

Содержимое паспортов на бумажных носителях очень трудно поддерживать в актуальном состоянии, вести мониторинг состояния объекта и использовать для оперативного принятия решений. Поэтому одновременно с паспортизацией ведется разработка программной системы создания, ведения базы данных паспортов ПОО, поиска и отображения информации из базы данных на электронную карту.

Основные принципиальные положения системы:

- централизованное ведение справочников всех объектов, показателей, характеристик и т.д.;
- динамическое централизованное проектирование электронных форм паспортов с одновременным проектированием структуры базы данных;
- автономное асинхронное заполнение паспортов ПОО на основании данных, поступающих с объектов по каналам связи;
- оперативное внесение изменений в электронные паспорта на объектах в момент возникновения этих изменений с сохранением истории этих изменений;

- оперативная передача по каналам связи только измененных значений паспортов и только на их основании актуализация централизованной базы данных с сохранением истории изменений;

- выдача справок в различных разрезах по объектам, по видам опасности, по видам опасных веществ и их распределению по объектам и т.д. с отображением дислокации ПОО на электронной карте и схемой размещения составляющих объектов.

Количество и виды запросов, а также виды представления информации определяются пользователями.

Технологический процесс ведения БД паспортов ПОО показан на рис. 2.

Только наличие такой оперативной информации (время доступа 1 – 2 сек.) о состоянии ПОО, адекватно представленной на всех уровнях принятия решений, позволит значительно повысить оперативность и качество решений, принимаемых на различных уровнях управления по обеспечению безопасности этих объектов, по предотвращению ЧП.

В случае ЧП на объекте наличие такой базы даст четкую картину о размещении составляющих объекта, об окружающей среде (населенные пункты, численность жителей, леса, реки, озера, культурные центры, транспорт, расстояния, размещение структур органа по ЧС, госадминистраций и т.д.), что позволит принимать более оперативно и более обоснованные и объективные решения по ликвидации последствий ЧП. Полный объем данных о ПОО в базе данных даст возможность использовать их как входные данные для различных задач моделирования развития ситуации, оценки возможностей возникновения ЧП, оценки последствий ЧП различного плана.

В третьей главе рассмотрены организационно-технологические вопросы решения задач в ЧС. Разработан методологический подход к созданию системно-иерархического классификатора ЧС, учитывающего характер, класс, тип, причину, масштаб, весомость и тяжесть последствий ЧС. Разработана организационная структура АСУ в ЧС и исследованы процессы человеко-машинного взаимодействия при ее функционировании. Структуризация организационной части выполнена в соответствии с особенностями комплексного использования математических методов и компьютерных средств для автоматизации решения задач в ЧС.

По целеназначению и характеру человеко-машинного взаимодействия в системе выделены два вида организационно-технологических процессов и необходимых для их выполнения служб. Процессы первого вида связаны с решением функциональных задач для достижения внешних

Рис.2. Технологический процесс ведения БД паспортов ПОО

целей системы с помощью службы моделирования и управления. Второй вид процессов выполняется с помощью службы эксплуатации и сопровождения при решении инструментальных задач по внутренним целям системы. Определяются также перспективные направления для использования и развития автоматизированных информации-онных технологий в иерархической структуре управления в ЧС.

В четвертой главе приведены исходные понятия и положения связанные с риском жизнедеятельности в природно-техногенной среде. С учетом существующих методов оценки риска, разработаны новые методы для оценки более сложных ситуаций, наблюдаемых в реальной жизни, в том числе для оценки индивидуального, коллективного, регионального, а также территориального рисков от воздействия поражающего фактора по тем или иным сценариям развития ЧС. Предложены методы оценки рисков от воздействия опасных экзогенных геологических процессов.

В частности разработаны методы расчета рисков жизнедеятельности от аварий на ПОО с выбросом токсичных веществ, а также от наводнения или гидротехнической аварии на потенциально опасных территориях. Сформулированы критерии для управления рисками жизнедеятельности в ЧС. Приведены примеры оценки рисков жизнедеятельности в зависимости от характера угроз.

В существующих методиках оценка риска R для населения N от ЧС природного и техногенного характера определяется как математическое ожидание человеческих потерь $M[N]$ в пределах определенной территории (области, административного района, города, иного населенного пункта) по формуле:

$$R = M[N] = P \iint_{S_r} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \Psi(x, y) f(x, y, \Phi) d\Phi dx dy \quad (6)$$

где R – вероятность естественной или техногенной ЧС; Φ – интенсивность воздействия поражающих факторов ЧС; Φ_{\min}, Φ_{\max} – минимально и максимально возможная интенсивность воздействия поражающих факторов; S_r – область интегрирования (зона поражения), то есть территория, на которую распространяется влияние фактора Φ ; $P(\Phi)$ – вероятность поражения людей в зависимости от интенсивности фактора Φ (функция "воздействие – эффект"); $\Psi(x, y)$ – плотность населения в пределах зоны поражения; $f(x, y, \Phi)$ – плотность распределения интенсивности фактора Φ по пораженной зоне с координатами (x, y) .

Для оценки более сложных ситуаций, наблюдаемых в реальной жизни, формулы расчета риска усложняются. Например, предлагается рассчитывать летний риск $R(t)$ как сумму всех возможных последствий ЧС:

$$R(t) = Y_{\mathcal{M}}(t) + Y_{\mathcal{L}}(t)$$

где $Y_{\mathcal{M}}$ – суммарные годовые имущественные потери (в экономическом эквиваленте); $Y_{\mathcal{L}}$ – суммарные потери здоровья населения, включая смертельные случаи (в экономическом эквиваленте); t – время, за которое оценивается риск (в годах), причем:

$$Y_{\mathcal{M}}(t) = \sum_{i=1, j=1}^{n, m} M_{ij}(t) Y_{ij}(t)$$

$$Y_{\mathcal{L}}(t) = \sum_{i=1, j=1}^{n, m} R_{ij}(t) X_{ij}(t)$$

где $M_{ij}(t)$ – частота возникновения j -го имущественного ущерба от i -го поражающего фактора; $Y_{ij}(t)$ – объем (рыночная стоимость) имущественного ущерба; $R_{ij}(t)$ – частота возникновения j -го типа поражения людей от i -го поражающего фактора; $X_{ij}(t)$ – стоимость потерь, обусловленных j -м типом поражения людей от i -го поражающего фактора.

Указанные методические подходы могут быть реализованы лишь частично вследствие: *во-первых*, невозможности зафиксировать все без исключения виды потерь от ЧС (как материальных, так и для здоровья), *во-вторых*, невозможности адекватно оценить в денежном эквиваленте разнородные виды социальных и медицинских потерь. Одновременно наиболее социально значимые виды потерь, такие как смертельные случаи, травмы и отравления, потеря жилья и (или) имущества населением вследствие ЧС, могут быть достаточно надежно зафиксированы и оценены.

На основе разработанного выше метода сформулирован алгоритм комплексной оценки рисков жизнедеятельности в условиях возможных аварий на ХОО, который адаптирован для реализации в автоматизированном режиме средствами географических информационных систем (ГИС) (рис.3).

Рис.3. Блок-схема алгоритма комплексной
оценки рисков жизнедеятельности

Далее рассмотрено влияние неопределенности на безопасность сложных систем, для которых не являются адекватными стандартные методы исследования. На основе теории катастроф предложена методология моделирования режимов с внезапными изменениями, которые нарушают непрерывность и вызывают нестабильность широкого круга систем от экономики до социологии.

В последнее время проблема обеспечения безопасности людей при пожарах в метрополитене приобретает все большую остроту. Большое количество людей, которые могут одновременно пребывать в ограниченном пространстве строений метрополитена, а также объективные и субъективные трудности проведения спасательных работ, локализации и ликвидации пожара, могут привести к катастрофическим последствиям. В этой связи представляется актуальным проведение исследований, направленных на разработку методов прогнозирования движения в замкнутом пространстве газо-воздушных потоков, характеризующихся как опасное проявление пожара.

В результате проведенных теоретических исследований получено аналитическое выражение

$$q = \text{Sign}(Eu - Fr - Ri) \cdot \sqrt{\frac{|Eu - Fr - Ri|}{R}} \cdot th \cdot (\sqrt{(Eu - Fr - Ri) \cdot R \cdot \tau}) + q^* \quad (7)$$

динамики расхода газа в тоннеле в зависимости от источников принудительной и свободной конвекции, с учётом теплового сопротивления и депрессии инерционных сил. Показано, что период стабилизации вентиляции в отдельных случаях соизмерим со временем эвакуации пассажиров из тоннеля, что создаёт дополнительную угрозу их безопасности.

Представленная численная модель плоского течения газа в технических и служебных помещениях метрополитена позволяет исследовать поля скоростей при различном расположении и произвольных размерах тепловых источников, как при наличии, так и при отсутствии принудительной вентиляции.

В пятой главе разработаны математические модели и методы для решения задач охраны окружающей среды в ЧС. В частности, построена математическая модель расчета распространения загрязняющих веществ в водоемах при залповом (мгновенном) сбросе. Выпуск загрязняющих веществ в водоемы не всегда производится непрерывно. Возможны случаи

единовременного – залпового сброса сточных вод, когда выпуск осуществляется в течение короткого промежутка времени. Такое загрязнение происходит во время ЧС, как правило, при взрывах крупных емкостей содержащих загрязняющие вещества.

В случае залпового сброса сточных вод объемом W_{CT} находится начальный радиус r_0 облака загрязняющего вещества (предполагается, что в плане облако имеет форму окружности или полуокружности). Если выпуск производится у берега, то

$$r_0 = \sqrt{2W_{CT} / (\pi H)} \quad (8)$$

Если же выпуск сточных вод расположен в удалении от берега, то

$$r_0 = \sqrt{W_{CT} / (\pi H)} \quad (9)$$

Разделив r_0 на Δr , получают для начального момента число отсеков, в которых концентрация сбрасываемого вещества равна начальной. В остальных (внешних) отсеках в начальный момент концентрация равна нулю. Расчет выполняется с использованием следующего уравнения при $Q = 0$:

$$S_{k+1,n} = \eta S_{k,n} + V_n S_{k,n-1} + \mu_n S_{k,n+1} \quad (10)$$

Коэффициенты η , V_n и μ_n вычисляются предварительно. Первый из них является постоянным, а два других изменяются по длине радиуса r в соответствии с нарастанием номера отсека n .

Далее в этой главе рассмотрены математические модели течения и распространения загрязняющих веществ в мелких водоемах. Рассматриваются течения в открытом водоеме, когда его глубина значительно меньше характерного размера площади поверхности, занятой водоемом. Используется усредненная по глубине водоема математическая модель, описывающая характерные динамические процессы течений. Форма области, занятой водоемом в горизонтальной плоскости, представляется в виде сложной прямоугольной области. Ставится задача о динамической циркуляции воды в водоеме. Для записи дифференциальных уравнений, описывающих гидродинамику течения в мелком водоеме, выделим в горизонтальной плоскости элементарную площадку $\Delta x \times \Delta y$ и контрольный объем $h \times \Delta x \times \Delta y$, где h – глубина водоема в выбранном месте.

При исследовании гидродинамики течений воды с однородной плотностью $\rho = const$ а также используя гипотетическое уравнение

состояния получаем классические уравнения газодинамики плоских сжимаемых течений газа

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{G}h}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial uh}{\partial t} + \frac{\partial(u^2 + P)h}{\partial x} + \frac{\partial u\mathcal{G}h}{\partial y} - l\mathcal{G}h &= h\nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial \mathcal{G}h}{\partial t} + \frac{\partial u\mathcal{G}h}{\partial x} + \frac{\partial(\mathcal{G}^2 + P)h}{\partial y} &= h\nu \left(\frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathcal{G}}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Для большего числа случаев можно упростить уравнение (11), полагая, что глубина водоема h постоянна или в качестве h взять усредненную глубину $h = const$. В этом случае дифференциальное уравнение (11) запишется в форме уравнения для распределения температуры (T аналог φ) в потоке несжимаемой жидкости

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial \varphi u}{\partial x} + \frac{\partial \varphi \mathcal{G}}{\partial y} + \mathcal{G}\varphi = \mu \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right), \quad (12)$$

Численное решение дифференциального уравнения (12) совместно с уравнениями гидродинамики (11) позволяет моделировать разнообразные процессы стационарного и нестационарного загрязнений мелких водоемов.

Далее в этой главе рассмотрена математическая модель и разработан алгоритм для расчета гидродинамики течения и переноса загрязняющих веществ в проточных водоемах. Представлены результаты решения широкого круга проблемных прикладных задач прогноза качества водной среды.

Для изучения течений в руслах большой протяженности, исследования влияния регулирования стока на каскаде плотин и других гидросооружениях предлагается использовать одномерную нестационарную модель, в которой искомыми величинами являются объемный расход воды Q и площадь живого сечения S .

Для вывода дифференциальных уравнений течений в открытом русле выделим некоторый участок русла длиной Δx (рис.4). Полагаем, что каждый элементарный участок живого сечения русла может быть

представлен в виде трапеции с основанием b_0 , углом наклона правого берега α_r и левого α_l .

Закон сохранения массы воды на выделенном участке может быть получен из интегрального закона сохранения массы

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_G \rho dx dy dz + \iint_S \rho (\vec{V} \cdot \vec{n}) ds = \iint_{S_0} \rho \vartheta ds, \quad (13)$$

где G – объем, занятый водой; $S = S_0 + S_s$; S_0 – смоченная поверхность выделенного участка, S_s – свободная поверхность воды; $\rho \vartheta$ – масса воды, втекающая в единицу времени через единицу смоченной поверхности из подземных источников.

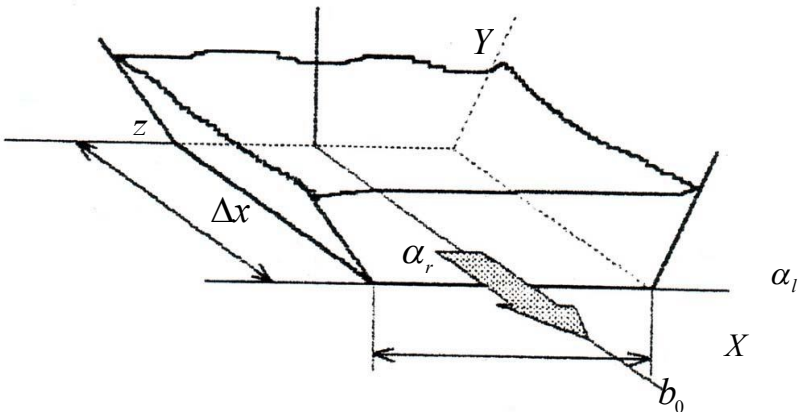


Рис.4. Схема элементарного участка русла

Дифференциальная модель распределения загрязнений во времени по длине русла

$$\frac{\partial S\varphi}{\partial t} + \frac{\partial Q\varphi}{\partial x} + \hat{\sigma} S\varphi = \mu S \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \varphi_d q_d + g_i \delta(x - x_i) + \varphi_p Q_p \delta(x - x_p) \quad (14)$$

позволяет изучать и прогнозировать различные ситуации по загрязнению водного бассейна реки. Численное решение уравнения (14) на отдельном участке русла проводится по неявной схеме против потока.

Последовательно объединяя расчеты на каждом участке, получаем полную математическую модель распространения загрязнений по руслу реки.

Далее разработаны модели для прогноза загрязнения атмосферы на основе метода множественной линейной регрессии.

В настоящее время в связи с резким ухудшением состояния окружающей среды, важное значение приобретает оперативная информация об уровне загрязнения атмосферы вблизи газоопасных предприятий и в прилегающих к ним районах. Такая информация крайне необходима при неблагоприятных метеорологических условиях для рассеивания газовых выбросов.

Повышенные требования, предъявляемые к обеспечению безопасности на газоопасных предприятиях, определяют необходимость организации специальных систем контроля уровня загрязнения атмосферы, в том числе автоматических, при возможных аварийных газовых выбросах.

Создание экологических моделей и их компьютерная обработка позволяют упростить поставленные задачи и сделать результаты контроля более точными и достоверными.

Создаваемая экологическая модель, как и любая математическая модель, предполагает определенные ограничения или идеализацию характеристик объекта, которые увеличивают погрешность результатов контроля. Вместе с тем по мере учета большего количества характеристик объекта математическая модель усложняется, что позволяет повысить точность контроля. Создаваемая в данной главе экологическая модель газоопасного предприятия предполагает возможность постепенного наращивания учитываемых параметров с целью повышения достоверности получаемых результатов.

Опыт создания математических моделей атмосферных процессов показывает, что для разработки экологической модели газоопасного предприятия целесообразно использовать уравнение движения вязкой жидкости, которое известно как уравнение Навье – Стокса

$$\frac{\partial V}{\partial t} = F - \frac{1}{\rho} \text{grad} P + \nu \Delta V + \left(\frac{S}{\rho} + \frac{V}{3} \right) \text{grad} \text{div} V \quad (15)$$

где $\nu = \eta / \rho$ – кинематическая вязкость газа; η – динамическая вязкость или коэффициент внутреннего трения; ξ – вторая вязкость;

Δ – оператор Лапласа: $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$; ρ – плотность газа;

V – скорость движения газа; P – давление газа; F – напряженность поля массовых сил; t – время.

В уравнении Навье-Стокса предполагается, что $\eta = const$ и $\xi = const$, так как в противном случае уравнение значительно усложняется. В проекциях на оси координат уравнение Навье – Стокса имеет вид системы из трех дифференциальных уравнений 2-го порядка с частными производными:

Нашей задачей является нахождение полей скорости, давления и плотности газа, движущегося под действием заданных внешних сил, т.е. следующих пяти функции координат и времени:

$$U_x = f_1(x, y, z, t); \quad U_y = f_2(x, y, z, t); \quad U_z = f_3(x, y, z, t);$$

$$\rho = f_4(x, y, z, t); \quad \rho = f_5(x, y, z, t).$$

При этом считаем, что плотность газа и оба коэффициента вязкости зависят от состава газа и давления, а для конкретного состава – только от давления $\rho = \rho(P)$; $\xi = \xi(P)$; $\eta = \eta(P)$. Что касается состава газа, то здесь имеется в виду концентрация загазованности. Именно на основании изменения этих параметров рассматриваем распространение загазованности от ее источников.

Моделируя движение воздушных потоков в пространстве газоопасного предприятия и его санитарной зоны, создаем предпосылки не только для имитации поведения газов, выбрасываемых в пространство от источников загазованности. При разработке экологической модели газоопасного предприятия в качестве резервного варианта предусмотрено использование математического аппарата одной из упрощенных моделей выброса газов из источника и рассеяния в пространстве, например модели Гаусса или модели Паксвилла.

Далее рассмотрены особенности полёта сгорающей частицы (искры), для расчёта безопасного взаимного расположения сельхозобъектов и техники на стоянках, обоснованного выбора размеров разделительных полос (противопожарных разрывов) на полях в период созревания урожая, вычисления ширины просек в лесных массивах, исключаящих распространение пожара переносом искр в сухое жаркое время года и пр.

Летящую частицу считаем сферическим телом, радиус которого $r = r(t)$ уменьшается во время движения t , по закону:

$$r(t) = r_0 \sqrt{1 - \varepsilon t}$$

где $r_0 = r(0)$, $\varepsilon > 0$ - параметр, характеризующий скорость сгорания

частицы на интервале её существования $t \in \left[0; \frac{1}{\varepsilon} \right]$;

В приближённой постановке, без учёта силы гравитации, уравнение полёта лёгкой сгорающей частицы (искры) сведено к уравнению Бернулли. Путём аналитического решения задачи Коши получены компактные формулы для расчёта скорости и максимальной дальности полёта сгорающей частицы с учётом сопротивления газовой среды.

Из числа различных природных факторов, влияющих на состояние поверхностного слоя почвы и водной среды, следует выделить процесс денудации в частности, такой ее составляющей, как водная эрозия, которая определяется законами движения потоков воды по поверхности земли и зависит от водности этих потоков, структуры и свойств грунта, характера и ориентации его поверхности, сезонных особенностей и т.п. Разработаны основные положения математической модели, описывающей процесс эрозии поверхностного слоя почвы под воздействием турбулентного сплошного дождевого потока с учетом сложности рельефа и различных агрометеорологических условий протекания процесса.

В работе также рассматривается математическая модель управления водными ресурсами в условиях ЧС. Главная цель данной модели заключается в расширении возможностей управления водными ресурсами в условиях возрастающей неопределенности, вызванной глобальными изменениями, для которых стандартные методы и инструменты моделирования перестают быть адекватными. Для достижения поставленной цели решаем следующие задачи:

1) анализ современных систем моделирования гидрологических систем, их возможностей и ограничений;

2) разработка усовершенствованного метода моделирования для исследования режимов с внезапными, нарушающими непрерывность изменениями, для повышения эффективности управления водными ресурсами.

В диссертационной работе также рассмотрены методологические ограничения теории обеспечения безопасности экологически опасных объектов, особенности проблемы управления безопасностью, погрешности методологии локальных подходов, погрешность выбора математической модели времени наступления аварии экологически опасного объекта, погрешность постулирования вероятностной природы потенциально

возможных тяжелых аварий экологически опасного объекта. Сделан вывод, что, следствием методологической погрешности постулирования вероятностной природы потенциально возможных тяжелых аварий является перевод гипотетически возможных (но практически не обязательных!) аварий в разряд статистически закономерных и следовательно, теоретически неизбежных.

В шестой главе исследованы проблемы построения робастных решений в условиях риска и неопределенности. Рассматриваются две модели распределения средств, для минимизации потенциальных рисков. Проблемы поиска их робастных решений сведены к соответствующим задачам линейного программирования.

Задача ставится следующим образом. Пусть имеется список ПОО, которые необходимо модернизировать, усовершенствовать системы безопасности. Как распределить между ними средства для минимизации рисков техногенных влияний от таких объектов?

Пусть имеются (в результате экспертного оценивания, моделирования и пр.):

1) оценки вероятностей p_i ($i = 1, \dots, n$) соответствующих видов аварий на объектах;

2) оценки экономических ущербов L_j ($j = 1, \dots, J$) соответствующих видов аварий на объектах с учетом их социально-экономических и экологических влияний в местах расположения объектов;

3) выбрана хотя бы одна мера риска $\rho(\cdot)$, которая строится на распределениях экономических ущербов от потенциальных аварий на объектах;

4) оценки эффективности вложения средств в объекты некоторыми функциями уменьшения экономических ущербов $W_j(u)$ от объемов средств u , уменьшающие потенциальные ущербы от аварий на объектах до величины $L_j(u) = L_j - W_j(u)$ (по каждому сценарию i), представленные в виде кусочно-линейной неубывающей вогнутой функции, т. е.

$$W_j(u) = \min \{a_k^j u_j + b_k^j, k = 1, \dots, m\}, a_k^j \geq 0, k = 1, \dots, K_j$$

Такое представление зависит от сценария i развития будущих событий, потому имеет место более точное выражение:

$$W_j^i(u) = \min \{a_k^{ij} u_j + b_k^{ij}, k = 1, \dots, K_j^i\}, a_k^{ij} \geq 0, . \quad (16)$$

где $k = 1, \dots, K_j^i$

Следовательно, для каждого сценария i по каждому объекту j имеем функции потенциальных ущербов $L_j^i(u) = L_j - W_j^i(u)$, где W_j^i описывается (16).

Далее рассмотрены робастные методы эллипсоидального оценивания состояния динамических систем при ограничениях на помехи измерения выхода и скорость их изменения. Получены новые робастные алгоритмы эллипсоидального оценивания вектора состояния динамических систем за результатами измерения их выходов, искаженных адаптивными помехами. В отличие от известных алгоритмов, которые учитывают лишь ограниченность помех, дополнительно учитывается ограниченность скорости их изменения. Эффективность полученных алгоритмов проиллюстрирована результатами компьютерного моделирования их использования в задаче управления ориентацией орбитального космического аппарата.

В работе рассматривается задача сейсодинамики в более общей постановке, в которой случайная сейсмическая волна распространяется в стохастически неоднородной среде. Свойства такой среды характеризуем с помощью вероятностной меры, соответствующей фундаментальному решению задачи Коши для волнового уравнения со случайным коэффициентом.

Под фундаментальным решением задачи Коши для волнового уравнения подразумеваем обобщенную случайную функцию $U(r, t)$ удовлетворяющую уравнению:

$$\frac{\partial^2 U(r, t)}{\partial t^2} - C^2(r) \Delta U(r, t) = 0, \quad r \in R \quad (17)$$

с начальными условиями:

$$U(r; 0) = 0, \quad \left. \frac{\partial U(r, t)}{\partial t} \right|_{t=0} = \delta(r) \quad (18)$$

где U – радиальное смещение частиц среды при землетрясении, $\delta(r)$ – импульсивная функция характеризующая очаг землетрясения.

В заключении сформулированы следующие **основные результаты, выводы и рекомендации**:

1. Разрешена поставленная научная проблема, имеющая важное теоретическое и практическое значение – обобщен накопленный опыт, сформулированы единые концептуальные положения, созданы

математические модели и информационные технологии, а также методологические и системотехнические основы, обеспечивающие оперативное и согласованное решение задач в иерархической структуре управления защитными мероприятиями в ЧС.

2. Предложена система показателей для оценки различных состояний компонентов в каждом периоде развития ЧС. Используя эти показатели, сформулированы основные задачи управления предупредительными, спасательными и восстановительными мероприятиями.

3. Рассмотрена задача оптимального управления при определении соотношения выгоды/затраты при ликвидации последствий ЧС. Создан метод для оценки эффективности создания и использования АСУ в ЧС.

4. Осуществлена качественная детализация описания контуров оперативного управления в ЧС. В результате сформированы математические модели, описывающие переходы объектов поражения и защиты в те или иные состояния в зависимости от состояний ресурсов защитных мероприятий и источников поражающих воздействий.

5. Функционирование региона в условиях ЧС рассмотрено как последовательное и взаимно обусловленное изменение состояний его неблагоприятной среды, региональных объектов и привлекаемых сил и средств, для защиты.

6. Разработана математическая модель, которая позволяет определить оптимальные значения объемов продукции для любого количества потребителей при известных числовых характеристиках распределенного по нормальному закону случайного спроса на потребляемую продукцию.

7. Разработана информационная технология управления безопасностью и риском при техногенных воздействиях, которая может быть реализована в автоматизированной информационно-управляющей системе органов по ЧС на региональном и местном иерархическом уровнях.

8. Рассмотрены различные случаи накопления и рассеяния загрязненных вод. Построена математическая модель расчета распространения загрязняющих веществ в водоемах при залповом сбросе.

9. Предложен математический подход для управления водными ресурсами в ЧС. Его отличительной особенностью является возможность исследования резких скачкообразных режимов, являющихся результатом малых непрерывных изменений переменных, влияющих на поведение гидрологической системы.

10. Сформулированы критерии для управления рисками жизнедеятельности в ЧС. Предложена методология моделирования режимов с внезапными изменениями, которые нарушают непрерывность и вызывают нестабильность широкого круга систем.

11. Исследованы проблемы построения робастных решений в условиях риска и неопределенности. Рассмотрены две модели распределения средств, для минимизации потенциальных рисков.

12. Разнородные, территориально распределенные, многосвязные и динамичные процессы развития ЧС практически не поддаются достаточно точному формальному описанию. Вместе с тем, они допускают классификацию и структуризацию составляющих компонентов – источников поражающих воздействий, объектов поражения и защиты и ресурсов защитных мероприятий – по общим причинно-следственным и пространственно-временным признакам.

13. Необходимым условием для эффективного использования АСУ в органах управления защитными мероприятиями в ЧС является создание целевых организационных структур-служб системы, взаимосвязанных и взаимодействующих с ее функциональными и инструментальными компонентами при подготовке, принятии и контроле выполнения решений по ЧС.

14. Проблема сокращения потерь и затрат в условиях возможных или реальных ЧС требует комплексной автоматизации процессов сбора, обработки и выдачи данных в иерархической структуре управления защитными мероприятиями путем создания, использования и развития в каждом регионе повышенного риска многоуровневой территориально распределенной АСУ.

15. В условиях быстро и значительно изменяющейся обстановки в ЧС для повышения оперативности и обоснованности решений задач управления по ЧС целесообразно использовать принцип прогнозного управления по промежуточным целям, который реализуется путем периодического контроля и корректировки защитных мероприятий в зависимости от текущего, возможного и требуемого состояния региональных компонентов.

16. Система предупреждения действий в ЧС должна опираться на информационную базу государственного комплексного мониторинга и контроля, организуемого на опасных техногенных объектах и призвана стать основой управления безопасностью и риском.

17. Корректировку защитных мероприятий следует выполнять в каждом периоде развития ЧС на основе расчленения его основной задачи на последовательность задач оперативного управления, формулируемых по результатам контроля обстановки и направленных на согласование требуемого и возможного состояния ресурсов защиты.

18. Решение прогнозных задач целесообразно осуществлять на многомодельной основе. В частности, можно использовать модели физико-химических процессов распространения зараженного воздуха и переноса

ядовитых веществ, модели гидродинамических явлений, статистические модели сейсмической активности.

19. В условиях быстро и значительно изменяющейся обстановки ЧС рекомендуется использовать принцип прогнозного управления по промежуточным целям, который позволяет вырабатывать упреждающие решения по распределению сил и средств защиты на основе периодического контроля и оперативного прогнозирования неблагоприятных последствий.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Sadıqov Ə.B., Nəşənov R.Ə. Hava mühitində çirkləndirici maddənin yayılmasının ikiölçülü tənliyinin ədədi inteqrallanması üçün dörd-addımlı dəyişən-üçbucaq fərq sxemi // Azərbaycan MEA-nın məruzələri, 2004, c. LX, №3-4, s. 36-43.

2. Садыгов А.Б. Об одном методе оценки точности позиционирования промышленного робота-манипулятора // Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции. Москва: 1989, с.119-120.

3. Гасанов А.Б., Ализаде А.Н., Садыгов А.Б., Садыхов М.Б. Математическое моделирование процесса разрушения металлополимерного стержня при растяжении с учетом геометрической нелинейности / Сборник трудов I республиканской конференции по математике и механике. Баку: 1995, часть I, Механика, с. 43-47.

4. Гасанов А.Б., Садыгов А.Б. Исследование случайных волновых полей сейсмодинамики с применением вероятностных мер / Материалы республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий». Баку: 2003, т. III, с. 52-55.

5. Садыгов А.Б. Оценка эффективности создания и использования автоматизированной системы управления в чрезвычайных ситуациях / “Ölkənin dayanıqlı inkişafında fəvqəladə halların təsirinin zəiflədilməsinin əhəmiyyəti” II beynəlxalq elmi konfrans. Bakı: “Elm”, 2003, s. 126-133.

6. Садыгов А.Б. Применение динамического программирования в системах оперативно-организационного управления с учетом принципа оптимальности // Доклады НАН Азербайджана, 2003, т. LIX, № 5-6, с. 66-73.

7. Садыгов А.Б. Описание региона как объекта управления в чрезвычайных ситуациях // Доклады НАН Азербайджана, 2003, т. LIX, № 1-2, с. 95-101.

8. Садыгов А.Б. Построение математических моделей и методов решения задач управления в чрезвычайных ситуациях // Известия НАН Азербайджана, Баку: 2004, т. XXIV, № 2, с. 159-165.

9. Садыгов А.Б., Гасанов Р.Э. Математическая модель течения и распространения загрязняющих веществ в мелких водоемах // АМЕА-нин xəbərləri, Bakı: 2004, с. XXIV, № 3, с. 188-193.

10. Садыгов А.Б. Математическое моделирование течений и переноса загрязнений в проточных водоемах // АМЕА-нин xəbərləri, Bakı: с. XXIV, № 3, 2004, s. 183-187.

11. Садыгов А.Б. Математические модели и методы решения задач управления по региональной защите в чрезвычайных ситуациях. Баку: «Элм», 2004, с. 188.

12. Садыгов А.Б., Гасанов Р.Э. Алгоритм расчета рассеивания загрязняющих веществ на промышленных площадках // Известия НАН Азербайджана, 2004, т. XXIV, № 2, с. 200-204.

13. Садыгов А.Б. Моделирование развития чрезвычайных ситуаций для решения общей задачи управления региональной защитой // Известия НАН Азербайджана, 2004, т. XXIV, № 2, с. 113-117.

14. Садыгов А.Б. Создание базы данных о паспортизации потенциально опасных объектов / Материалы II Республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий». Баку: 2004, т. I, с. 97-100.

15. Садыгов А.Б., Гасанов Р.А., Исмаилова А.М. Моделирование рассеивания загрязняющего вещества в пространстве от стационарного источника / Материалы II Республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий». Баку: 2004, т. III, с. 85-87.

16. Садыгов А.Б., Гасанов Р.А., Исмаилова А.М. Методы прогноза загрязнения атмосферы на основе линейной регрессии // АМЕА-нин xəbərləri, Bakı: 2005, с. XXV, № 3, s. 42-47.

17. Садыгов А.Б. Алгоритм адаптивного оценивания случайных процессов на основе динамической стохастической аппроксимации // Известия НАН Азербайджана, 2005, т. XXV, №3, с. 31-36.

18. Садыгов А.Б., Исмаилова А.М., Гасанов Р.Э. Методология создания системно-иерархического классификатора и решения организационно-технологических задач в чрезвычайных ситуациях. Баку: “Элм”, 2006, с. 104

19. Садыгов А.Б. Информационные и программно-технические средства для решения задач управления по региональной защите в чрезвычайных ситуациях / «Regionların sosial-iqtisadi inkişafında informa-siya-kommunikasiya infrastrukturunun formalaşması və idarə edilməsi» Beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları. Lənkəran: 2006, s. 38-39.

20. Садыгов А.Б. Моделирование распространения загрязняющих веществ при залповом сбросе // Вестник Ленкоранского государственного университета, серия естественных наук, 2007, с. 73-79.

21. Садыгов А.Б. Экологическая модель газоопасного предприятия // Доклады НАН Азербайджана, 2009, т. LXV, № 4, с. 48-53.

22. Садыгов А.Б. Математическая модель расчета уровня загрязнения атмосферы вблизи газоопасных предприятий и в прилегающих к ним районах / Материалы Международной конференции «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху Великого Возрождения». Ашгабад: 2010, т. I, с. 20-23.

23. Алиев Т.А., Гулуев Г.А., Пашаев Ф.Г., Садыгов А.Б. Принципы построения и функционирования интеллектуальных глубинных сейсмоакустических станций / Труды Девятого международного симпозиума. Москва: 2010, с. 49-53.

24. Садыгов А.Б. Математическая модель дождевой эрозии почвы на водосборе сложной формы // Доклады НАН Азербайджана, 2010, т. LXVI, № 1, с. 34-42.

25. Алиев Т.А., Гулуев Г.А., Пашаев Ф.Г., Садыгов А.Б. Технология мониторинга скрытого периода появления корреляции между полезным сигналом и помехой технологических параметров // Доклады НАН Азербайджана, 2010, т. LXVI, № 2, с. 28-35.

26. Алиев Т.А., Гулуев Г.А., Пашаев Ф.Г., Садыгов А.Б. Помехоиндикация изменения динамического состояния производственных объектов // Доклады НАН Азербайджана, 2010, т. LXVI, № 3, с. 20-28.

27. Садыгов А.Б. Создание и применение автоматизированных систем управления защитой населения и объектов в чрезвычайных ситуациях / Сборник тезисов Международной конференции "Двадцать пять лет Чернобыльской катастрофы. Безопасность будущего". Киев: 2011, с. 324-326.

28. Садыгов А.Б. Оптимальное управление в задачах расчета соотношения выгоды затраты при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Известия НАН Азербайджана, 2010, т. XXX, № 6, с. 40-49.

29. Садыгов А.Б. Создание математических моделей и методов решения задач оперативного управления в чрезвычайных ситуациях // Компьютерная математика, Киев: 2011, № 1, с. 37-45.

30. Садыгов А.Б. Математические методы оценки риска возникновения аварий / Материалы Международной конференции «Образование, наука, спорт и туризм в эпоху Великого Возрождения». Ашгабад: 2011, т. I, с. 276-278.

31. Садыгов А.Б., Садыгзаде В.А. Некоторые робастные решения в условиях риска и неопределенности // Известия НАН Азербайджана, 2011, т. XXXI, № 3, с. 111–117.

32. Садыгов А.Б. Робастные методы эллипсоидального оценивания состояния динамических систем при ограничениях на помехи измерения выхода и скорость их изменения // Доклады НАН Азербайджана, 2011, т. LXVII, № 1, с. 53-62.

33. Садыгов А.Б. Создание и применение автоматизированных систем управления защитой населения и объектов в чрезвычайных ситуациях / Сборник докладов Международной конференции "Двадцать пять лет Чернобыльской катастрофы. Безопасность будущего". Киев: 2011, 20-22 апреля, с. 150-154.

34. Садыгов А.Б. Оптимизация объемов поставок грузов при случайном спросе / "Azərbaycanın inkişaf strategiyası və aktual elmi problemlər" Respublika elmi konfransının materialları I hissə. Lənkəran: 2011, s. 16-20.

35. Садыгов А.Б. Моделирование движения воздушных потоков в подземных сооружениях метрополитена при пожаре // Электронная обработка материалов, Молдова: 2012, 48(2), с. 118–125.

36. Садыгов А.Б. Математические модели автоматизированного управления системами противокоррозионной защиты магистральных трубопроводов // Lənkəran Dövlət Universitetinin Xəbərləri, 2011, s. 79-92.

37. Садыгов А.Б. Расчёт скорости и максимальной дальности полёта лёгкой сгорающей частицы // Доклады НАН Азербайджана, 2011, Том LXVII, № 5, с. 44-52

38. Атоев К.Л., Пепеляев В.А., Садыгов А.Б. Математическая модель управления водными ресурсами в условиях неопределенности. Компьютерная математика. Киев: 2012, № 1, с.23-30.

39. Садыгов А.Б. Управление водными ресурсами в чрезвычайных ситуациях / Материалы Международной конференции «Наука, техника и инновационные технологии в эпоху Великого Возрождения». г. Ашгабад, 2012 г., с. 92.

40. Садыгов А.Б., Садыгзаде В.А. Оптимизация кредитного риска коммерческого банка // Доклады НАН Азербайджана, 2012, Том LXVIII, № 2, с. 15-22.

41. Садыгов А.Б. Математические методы оценки риска возникновения аварий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012, № 10(139), с. 47-53.

42. Gasanov A.B., Sadigov A.B., The calculation method of oil-production constructions in the sea shelf for the seismic actions. Transactions of Academy

of sciences of Azerbaijan. Series of physical-technical and mathematical sciences, 2000, v. XX, № 1, p. 192-195.

43. Gasanov A.B., Sadigov A.B. On the method of calculation of sea and oil-gas field constructions by applying the theory of fuzzy sets. Proceedings of Institute of Mathematics and Mechanics of NAS of Azerbaijan. Baku: "Elm", 2001, v. XIV(XXII), p. 157-160.

44. Aliev T.A., Guluyev G.A., Pashayev F.H., Sadigov A.B. Algorithms for determining the coefficient of correlation and cross-correlation function between a useful signal and noise of noisy technological parameters. Cybernetics and Systems Analysis, 2011, v. 47, Number 3,.

45. Aliev T.A., Guluyev G.A., Pashayev F.H., Sadigov A.B. Noise monitoring technology for objects in transition to the emergency state. Mechanical Systems and Signal Processing, 2012, v. 27, p. 755-762.

46. Sadigov A.B. Way to Simulate the Airflows' Motion in Subway Constructions during Fires. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2012, v. 48, №3, p. 187-191.

http://www.springer.com/engineering/production+engineering/journal/11987cm_mmc=sgw_-_ps_-_journal_-_11987.

47. Sadigov A.B. Modeling of Appearance of Instability of Complex Systems. Reports of IV International conference «Problems of Cybernetics and Informatics». September 12-14, 2012, Baku, Azerbaijan, p. 70-73.

48. Sadigov A.B. Methodological limitations of the theory of safety of ecologically dangerous objects. International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences ISSN: 2012, Volum 13, Issue 1. p. 175-179.

www.arpapress.com/Volumes/Vol13Issue1/IJRRAS_13_1_19.pdf

Личный вклад соискателя в работах, которые опубликованы в соавторстве:

По теме диссертации опубликовано 48 работ. Из них 30 работ выполнены соискателем самостоятельно. В работах [1, 9, 12, 15, 16, 18, 31, 40] постановка задач, выбор методов и разработка моделей, а в работах [3, 4, 23, 25, 26, 38, 42-45] аналитическое решение уравнений, произведение расчетов, построение алгоритмов и анализ результатов выполнены соискателем.

Əminəğa Bəhmən oğlu Sadıqov

Fövqəladə hallarda idarəetmə məsələlərinin həlli üçün modellər və texnologiyalar

Xülasə

Dissertasiya fəvqəladə hallarda(FH) müdafiə tədbirlərinin idarə edilməsinin təkmilləşdirilməsinə yönəlmiş yeni modellərin, metodların və texnologiyaların yaradılmasına həsr olunmuşdur.

İlk dəfə olaraq FH-da regionun və obyektin fəaliyyətinin sistemli təhlili aparılmışdır. Bu FH-ın inkişaf proseslərinin və idarəetmənin iyerarxik strukturunda qərar qəbuletmənin dəstəklənməsinin təsvirini formallaşdırmağa imkan vermişdir. Səbəb-nəticə və məkan-zaman əlamətlərinə görə FH-ın ümumi təsnifatı işlənmiş və müdafiə tədbirlərinin idarə edilməsi məsələləri ifadə olunmuşdur.

Təhlükəli istehsal obyektlərində qəzaların yaranması riskinin qiymətləndirilməsi metodu işlənmişdir. Təbii və texnogen xarakterli FH-da həyat fəaliyyətinin risklərinin qiymətləndirilməsinə yanaşmaların analizi aparılmışdır.

Potensial təhlükəli obyektlərin pasportlaşdırılması üçün verilənlər bazasının yaradılması texnologiyası, habelə FH-ın xarakterini, sinfini, növünü, səbəbini, miqyasını və nəticələrinin ağırlığını nəzərə alan sistemli-iyerarxiya klasifikatorunun yaradılması texnologiyası işlənmişdir.

Su mühitində çirkləndirici maddələrin yayılmasının riyazi modeli işlənmiş, o cümlədən ani axıntılar zamanı su hövzələrində çirkləndirici maddələrin yayılmasını hesablamaq üçün riyazi model qurulmuşdur.

FH-da avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin yaradılması və istifadə edilməsi effektivliyinin müəyyənəşdirilməsi, FH-ın nəticələrinin aradan qaldırılmasında mənfəət/xərclər nisbətinin tapılmasının optimal idarəetmə məsələlərinə baxılmışdır.

Aminaga Bahman oglu Sadigov

**MODELS AND TECHNOLOGIES FOR SOLVING OF
MANAGEMENT TASKS IN EMERGENCY SITUATIONS**

Summary

The thesis is devoted to the establishment of the new models, methods and technologies aimed at improving the management of protection measures in emergency situations (ES).

For the first time by ES were proposed systematic analysis activities for region and object. This is allowed to formalize development processes and management in hierarchical structure supported description of making decision of ES. According to the features cause-effect and spatial-time were used general classification of ES and expressed problems of management of protection measures.

Developed method of assessing risk of accidents in objects of dangerous production. Analysis was carried out character of natural and technogen of the risk assessment approaches to the in ES.

Creation of technology of the database for documentation of potential dangerous objects, as well as worked creation technology of systematic, hierarchical classificatory which is taking into account the seriousness of the consequences the character, class, type, cause, scale and results of ES.

Worked a mathematical model of the spread of contaminants in the water, as well as constructed a mathematical model to calculate the spread of contaminants in the water during momentary currents.

Determining the efficiency of development and use of the automated control system in ES, considered finding optimal management problem profit/expense ratio liquidate of the results of ES.

Подписано к печати 31.05.2013.

Заказ 389. Тираж 100.

Участок подготовки информационных материалов

Института кибернетики НАН Азербайджана

AZ1141, г. Баку, ул. Б.Вахабзаде, 9.

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
KİBERNETİKA İNSTİTUTU**

Əlyazma hüququnda

ƏMİN AĞA BƏHMƏN OĞLU SADIQOV

**FÖVQƏLADƏ HALLARDA İDARƏETMƏ
MƏSƏLƏLƏRİNİN HƏLLİ ÜÇÜN MODELƏR VƏ
TEKNOLOGİYALAR**

1203.01– Kompüter elmləri

Texnika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2013