



В.А. Акимов, А.В. Мишурный, О.В. Якимюк

**Прогнозно-аналитические решения по природным,
техногенным и биолого-социальным угрозам
единой системы информационно-аналитического
обеспечения безопасности среды жизнедеятельности
и общественного порядка «Безопасный город»**

Монография

Москва
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)
2022

УДК 614.8
ББК 68.9
П78

Рецензенты:

Четверушкин Б.Н. — академик РАН, научный руководитель ИПИМ РАН;

Махутов Н.А. — член-корреспондент РАН, председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности.

П78 Прогнозно-аналитические решения по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка «Безопасный город»: Монография / В.А. Акимов, А.В. Мишурный, О.В. Якимюк, А.В. Бобрешова, Е.О. Иванова, С.В. Колеганов, И.В. Курличенко, С.В. Пигина, Д.В. Степаненко, И.Ю. Щедров / Под ред. А.П. Чуприяна / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022. 316 с.

ISBN 978-5-93970-278-2

Монография посвящена предварительным результатам научных исследований в области построения и развития единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности жизнедеятельности и общественного порядка «Безопасный город», а именно, прогнозным и аналитическим моделям в области природных, техногенных и биолого-социальных угроз безопасности населению муниципальных образований Российской Федерации.

Структурно монография состоит из введения, десяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Научная монография может быть полезной государственным служащим, научным сотрудникам, работникам проектных организаций, занимающихся созданием и развитием систем «Безопасный город» в муниципальных образованиях и субъектах Российской Федерации, а также магистрам и аспирантам, обучающимся по направлению подготовки «Техносферная безопасность» и экологическим дисциплинам.

УДК 614.8
ББК 68.9

ISBN 978-5-93970-278-2

© Авторы, 2022

© МЧС России, 2022

© ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022

Оглавление

От редактора	6
Предисловие	9
Обозначения и сокращения	12
Введение	14
ГЛАВА 1.	
ТИПОВАЯ ПРОГНОЗНАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ	
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БАЙЕСА	23
1.1. Метод Байеса и байесовские сети	23
1.2. Формализованное описание решаемой задачи	24
1.3. Генерация топологии байесовской сети	26
1.4. Определение априорных условных и маргинальных вероятностных распределений	30
ГЛАВА 2.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ	32
2.1. Общие математические модели прогнозирования лесных пожаров	32
2.2. Входные данные модели для прогнозирования лесных пожаров	33
2.3. Прогнозирование лесных пожаров	37
2.4. Выходные данные модели для прогнозирования лесных пожаров	49
ГЛАВА 3.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ	
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	51
3.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий землетрясений	52
3.2. Прогнозирование последствий землетрясений	61
3.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий землетрясений	63
ГЛАВА 4.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ	
ВСЛЕДСТВИЕ ПАВОДКОВ	64
4.1. Входные данные модели для прогнозирования наводнений вследствие паводков	66
4.2. Определение расчетных гидроморфологических параметров, характеризующих участки рек	74
4.3. Выходные данные модели для прогнозирования наводнений вследствие паводков	98

ГЛАВА 5.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ	
ОТКЛЮЧЕНИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	100
5.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий	
отключения теплоснабжения	100
5.2. Прогнозирование последствий отключения теплоснабжения	106
5.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий	
отключения теплоснабжения	113
ГЛАВА 6.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ	
ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	115
6.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий	
отключения электроснабжения	115
6.2. Определение индекса приоритета восстановления	
электроснабжения	120
ГЛАВА 7.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА	
НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ	127
7.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий	
разлива нефти и нефтепродуктов	127
7.2. Прогнозирование последствий разлива нефти и нефтепродуктов	132
7.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий	
разлива нефти и нефтепродуктов	140
ГЛАВА 8.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ СБРОСА	
ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГИДРОСФЕРУ	141
8.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий сброса	
жидких технологических отходов в гидросферу	142
8.2. Прогнозирование последствий сброса жидких технологических	
отходов в гидросферу	145
8.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий	
сброса жидких технологических отходов в гидросферу	153
ГЛАВА 9.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА	
ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ	
СРЕДУ	154
9.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий выброса	
опасных химических веществ в окружающую среду	155
9.2. Прогнозирование выброса опасных химических веществ	
в окружающую среду	158
9.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий	
выброса опасных химических веществ в окружающую среду	164

ГЛАВА 10.	
МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ	
МАССОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЮДЕЙ	165
10.1. Общие математические модели распространения инфекций	165
10.2. Входные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей	174
10.3. Определение показателей обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи и показателей смертности в период распространения эпидемии	180
10.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей	186
Заключение	188
Литература	191
Приложение 1. Техническое задание на научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением» (НИОКР «Безопасный город», 2020–2022 гг.)	197
Приложение 2. Иллюстрационные материалы	300

От редактора

Уважаемые читатели! Вашему вниманию представляется первая научная монография, посвященная предварительным результатам исследований в рамках НИОКР по «Безопасному городу».

27 мая 2014 года Президентом Российской Федерации было подписано поручение № Пр-1175 «О разработке общей концепции построения и развития аппаратно-программных комплексов «Безопасный город», которое предполагало выработку единого концептуального (рамочного) подхода к внедрению в городах и регионах систем обеспечения комплексной безопасности населения к декабрю 2014 года.

3 декабря 2014 года распоряжением Правительства Российской Федерации № 2446-р была утверждена Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» (Концепция), в соответствии с которой было установлено: все системы обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка должны быть объединены в единое информационное пространство.

28 июня 2017 года заместителем Председателя Правительства Российской Федерации были утверждены Единые требования к техническим параметрам сегментов аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», в которых были определены типовая архитектура и технические спецификации систем «Безопасного города».

Таким образом, к концу 2017 года было сформировано базовое понимание задач построения и развития «Безопасного города», однако в области реализации существуют базовые проблемы, причина которых — отсутствие юридически обязательных требований и стандартов развертывания систем «Безопасного города» на территории Российской Федерации.

По своей сути «Безопасный город» является основой для создания интегрированной системы обеспечения комплексной безопасности на территории всей страны, которая призвана помочь в предупреждении кризисных ситуаций и происшествий, оперативном реагировании на них.

За предыдущие годы органами власти всех уровней были предприняты меры, благодаря которым мы значительным образом приблизились

к созданию интеллектуальной многоуровневой системы управления комплексной безопасностью. Эффективное функционирование транспортной системы, ЖКХ, обеспечение пожарной безопасности, осуществление качественного экологического мониторинга невозможны без использования технологий искусственного интеллекта, обработки большого объема данных, активно применяющихся в «Безопасном городе».

Высокие темпы технологического развития, а также характер внедрения инноваций определяют необходимость соответствия новым стандартам межинституционального взаимодействия. Новая реальность требует использования качественно новых подходов на основе передовых разработок.

По поручению Межведомственной комиссии по внедрению и развитию систем аппаратно-программного комплекса технических средств «Безопасный город», системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» и Государственной автоматизированной информационной системы «ЭРА-ГЛОНАСС», в рамках создания стандартов единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка, а также формирования устойчивого механизма принятия управленческих решений в сфере реагирования на кризисные ситуации и происшествия любого характера, МЧС России запустило в работу НИОКР «Разработка единых стандартов, функциональных технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением».

Один из ключевых и особенно интересных с научной точки зрения результатов НИОКР — разработка прогнозных и аналитических моделей по основным видам угроз, описанным в Концепции. Цель получения этого научного результата — создать практичный инструмент для руководителей всех уровней государственной власти и организаций, для того чтобы не только заранее подготовить прогноз возникновения потенциально опасных событий, но и обеспечить максимально эффективное реагирование в случаях их возникновения.

Безусловно, для эффективной работы моделей необходимо создание новой или модернизация существующей мониторинговой базы средств объективного контроля, потому что точный анализ и прогноз опасных событий должны быть основаны только на точных оперативных данных.

Но главное в этой НИОКР уже заложено — разработаны основные научные подходы и методы прогнозно-аналитической базы «Безопасного города», и я убежден, что применение разработанных моделей повысит качество и эффективность реагирования на территориях муниципалитетов и регионов Российской Федерации. Кроме того, они позволят повысить качество и эффективность реагирования, сократить человеческие и материальные потери, вызванные кризисными ситуациями и происшествиями, и, самое главное, помогут их предотвратить заблаговременно, до их возникновения.

Учитывая все вышесказанное, я уверен, что эта монография является актуальной и своевременной и будет интересна всем тем, кто занимается вопросами обеспечения комплексной безопасности.

**Первый заместитель Министра МЧС России
генерал-полковник внутренней службы
Александр Петрович ЧУПРИЯН**

Предисловие

Прогнозирование кризисных ситуаций и происшествий (КСП) — одна из важнейших задач «Безопасного города», призванная не просто правильно спрогнозировать развитие опасного события, но и предсказать его еще до того, как оно произойдет. В «Безопасном городе» эта задача решается с помощью прогнозных и аналитических моделей (ПАМ) — специально разработанных под различные типы КСП методик, воплощенных в программном коде.

Сегодня в «Безопасном городе» выделены природные, техногенные, биолого-социальные угрозы, а также угрозы общественному порядку.

ПАМ «Безопасного города» создаются в новой парадигме краткосрочного и среднесрочного прогнозирования в условиях неопределенности знаний (с помощью байесовских классификаторов).

Несмотря на то, что формулы теоремы Байеса были рассчитаны двести пятьдесят лет назад, возможность их применить появилась только сегодня, потому что именно сейчас появились такие вычислительные мощности и такое разнообразие систем мониторинга, которые могли бы мгновенно давать информацию о потенциально опасных явлениях. Кроме того, возможности использования методов и технологий обработки структурированных и неструктурированных данных больших объемов «BigData» (машинное обучение, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы и др.) повышают качество и оперативность обработки данных на порядки.

Общей характерной особенностью угроз на современном этапе является их взаимосвязанный характер, выражающийся в том, что одно возникающее бедствие (или реализация угрозы) может вызывать целую цепочку других катастрофических процессов по принципу «домино».

Принцип «домино», как известно, — это распространение явления по цепочке под действием любого фактора, воздействующего на первый элемент. Особенностью этого явления является то, что определенное изменение первого элемента цепи вызывает изменения соседних (последующих) ее элементов в линейной последовательности.

Байесовская вероятность часто противопоставляется частотной вероятности (именно на ней основана сегодняшняя теория вероятности

и статистики) — когда вероятность определяется относительной частотой появления случайного события при достаточно длительных наблюдениях.

Для большинства задач «Безопасного города» именно байесовские методы дают лучший результат, чем методы, основанные на частотной вероятности.

Более того, байесовские сети, являясь инструментом интеллектуального анализа больших баз данных, объединяют в себе технологии машинного обучения и визуального представления информации. В противоположность математическому моделированию, изучающему следствия из фундаментальных законов физики, химии, тепломассопереноса и так далее, машинное обучение предназначено для воссоздания причин на основе наблюдений — эмпирических или реальных данных, а также мнений экспертов.

При должном обучении моделей «Безопасного города» будет возможно прогнозировать последствия не только с учетом принципа «домино», но и эффекта «бабочки», потому что даже хаотичная система полностью детерминирована (определена и понятна), и, имея достаточно времени и зная начальное состояние системы, можно достаточно точно вычислить то, как она будет развиваться, в том числе по большинству угроз «Безопасного города».

Как правило, процесс разработки ПАМ «Безопасного города» на базе методик с использованием методов Байеса включает следующие этапы: содержательная постановка задачи на концептуальном уровне; подготовка обучающего множества; выбор методов для обработки входных и выходных данных ПАМ.

На первом этапе осуществляется сбор априорной информации о моделируемой предметной области. Далее формируется обучающее множество, которое представляет набор структурированных данных, отражающих состояния входных и выходных данных ПАМ. Для обработки входных и выходных данных ПАМ используются широко применяемые в практике апробированные байесовские методы.

Ценность рецензируемой монографии заключается в том, что описание конкретной ПАМ соответствует данной этапности.

В этой монографии рассмотрены прогнозные и аналитические модели в области природных, техногенных и биолого-социальных угроз безопасности жизнедеятельности населения, а именно:

среди природных угроз: три ПАМ (для прогнозирования лесных пожаров, последствий землетрясений и наводнений вследствие паводков);

среди техногенных угроз: пять ПАМ (для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения и электроснабжения; для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов и сброса жидких технологических отходов в гидросферу, а также для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду);

среди биолого-социальных угроз: модель для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей.

Это издание будет полезным прежде всего научным сотрудникам и работникам проектных организаций, занимающихся созданием и развитием систем «Безопасного города» в муниципальных образованиях и субъектах Российской Федерации, а также магистрам и аспирантам технических специальностей в области исследования кризисных ситуаций и происшествий, а также обучающимся по экологическим дисциплинам.

**Академик РАН, научный руководитель ИПМ РАН
Борис Николаевич ЧЕТВЕРУШКИН**

**Член-корреспондент РАН, председатель Рабочей группы
при Президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности
Николай Андреевич МАХУТОВ**

Обозначения и сокращения

АПК «Безопасный город»	—	аппаратно-программный комплекс «Безопасный город»
БПК	—	биохимическое потребление кислорода
ВО	—	водный объект
ВОЗ	—	Всемирная организация здравоохранения
ГИС	—	геоинформационная система
ДЗ	—	данные зондирования Земли
ЕГС РАН	—	Единая геофизическая служба Российской академии наук
ЕДДС	—	единая дежурно-диспетчерская служба
ЖТО	—	жидкие технологические отходы
ЗРА	—	запорно-регулирующая аппаратура
КПЭ	—	ключевые показатели эффективности
КСП	—	кризисные ситуации и (или) происшествия
КТ	—	контролируемая территория
ЛГМ	—	лесогорючие материалы
ЛП	—	лесной пожар
МАВ	—	максимальная апостериорная вероятность
МКП	—	модель краткосрочного прогнозирования
МО	—	муниципальное образование
МСП	—	модель среднесрочного прогнозирования
НН	—	нефть (нефтепродукты)
НП	—	населенный пункт
НТ	—	наблюдаемая территория
НЯ	—	неблагоприятное явление
ОриИТ	—	отделение реанимации и интенсивной терапии
ОТ	—	отключение теплоснабжения
ОХВ	—	опасное химическое вещество
ОЭ	—	отключение электроснабжения
ОЯ	—	опасное явление
ПАМ	—	прогнозная и аналитическая модель
ПАМ-ЗМ	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования последствий землетрясений АПК «Безопасный город»
ПАМ-ЛП	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования лесных пожаров АПК «Безопасный город»
ПАМ-НВ	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования наводнений АПК «Безопасный город»

ПАМ-ОТ	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения АПК «Безопасный город»
ПАМ-ОХВ	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду АПК «Безопасный город»
ПАМ-ОЭ	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования последствий отключения электроснабжения АПК «Безопасный город»
ПАМ-РН	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов АПК «Безопасный город»
ПАМ-СО	—	прогнозная и аналитическая модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу АПК «Безопасный город»
ПАМ-ЭРВЗ	—	прогнозная и аналитическая модель «Эпидемия (пандемия), вызванная респираторными вирусными заболеваниями» АПК «Безопасный город»
ПМГО	—	пункт мониторинга гидрологической обстановки
РНН	—	разлив нефти и нефтепродуктов
РС-инфекция	—	респираторно-синцитиальная инфекция
РСЧС	—	единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
ТОРС	—	тяжелый острый респираторный синдром
ТП	—	трансформаторная подстанция
ТС	—	тепловая сеть
ХПК	—	химическое потребление кислорода
ЧС	—	чрезвычайная ситуация

Введение

Рост количества кризисных ситуаций и происшествий определяет необходимость устранения хронических проблем в области предупреждения и реагирования: асинхронность действий, отсутствие информации и единых стандартов взаимодействия, а также неэффективность существующих методов прогнозирования.

Для решения этих проблем и комплексного повышения уровня безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка на территории России строится единая система «Безопасный город». Это комплекс правовых, технических, экономических и организационных мер для поддержки принятия решений в области обеспечения комплексной безопасности на территориях субъектов и муниципальных образований Российской Федерации. Единая система «Безопасный город» уникальна в своем роде, так как формирует единое пространство безопасности за счет синтеза различных практик, в том числе международных, и интеграции существующих систем в области обеспечения безопасности и комфорта граждан. Автоматизированное взаимодействие организаций, служб и отраслей городского хозяйства достигается посредством объединения информации об угрозах на территориях города и региона.

Единая система «Безопасный город» развивается на федеральном, региональном и муниципальном уровнях.



- федеральный
- региональный
- муниципальный

Единая система «Безопасный город» состоит из пяти функциональных блоков, охватывающих все аспекты управления территорией:

1. Обеспечение взаимодействия органов государственной власти: сбор и консолидация данных из всех доступных источников; анализ и прогноз развития кризисных ситуаций и происшествий; разработка планов и сценариев реагирования; информирование участников единой системы.

2. Безопасность городской и коммунальной инфраструктуры: содействие в организации мониторинга работоспособности систем городского и коммунального хозяйства;

сбор и обработка информации с систем управления городской и коммунальной инфраструктуры по соответствующим видам угроз «Безопасного города».

3. Безопасность на транспорте:

создание интеллектуальных транспортных систем;

сбор и обработка информации с систем управления транспортными потоками;

информирование участников дорожного движения.

4. Общественный порядок:

организация интеллектуальных систем видеонаблюдения;

обеспечение, сбор и консолидация видеопотоковой информации, организация доступа к ней.

5. Экологическая безопасность:

содействие в организации мониторинга угроз окружающей среде;

сбор данных со средств объективного контроля качества окружающей среды соответствующим видам угроз «Безопасного города».

Основу единой системы «Безопасный город» составляет аппаратно-программный комплекс «Безопасный город» — средство автоматизации единой системы. Это объединенная в единое пространство совокупность информационных систем и средств объективного контроля. АПК «Безопасный город» повышает эффективность использования и распределения информации за счет управления данными, использования общих подходов к оценке, прогнозированию и моделированию кризисных ситуаций.

Решения АПК «Безопасный город» не имеют аналогов в мире. При этом российский «Безопасный город» вобрал в себя лучшие мировые практики из области мониторинга, прогнозирования и моделирования кризисных ситуаций и происшествий.

В контур решений АПК «Безопасный город» входит более 150 систем, которые направлены на мониторинг и реагирование на более 200 видов угроз природного, техногенного, биолого-социального характера и угроз общественному порядку, разработаны онтологические модели, сценарии реагирования, прогнозно-аналитические модели по широкому спектру угроз.

Функциональность и технические характеристики систем «Безопасного города» ориентированы на достижение 65% (13 из 20) КПЭ губернаторов в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 04.02.2021 № 68 «Об оценке эффективности деятельности высших должностных лиц (руководителей высших исполнительных органов государственной власти) субъектов Российской Федерации и деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации».

К 2030 году кумулятивный эффект совместной работы ответственных ФОИВ благодаря развернутым системам комплекса, при должной реализации «Безопасного города» на территориях регионов и муниципалитетов Российской Федерации должен привести к снижению количества кризисных ситуаций не менее, чем на 50%.

Историю создания и развития «Безопасного города» в Российской Федерации можно разделить на три этапа:

этап 1 — опытно-поисковый (2005–2013 годы);

этап 2 — концептуально-интегрирующий (2014–2020 годы);

этап 3 — функционально-мультиплицирующий (с 2021 года по настоящее время).

В начале 2000-х годов во многих крупных мегаполисах мира началось внедрение масштабных систем видеонаблюдения, которые продемонстрировали свою эффективность, позволив более оперативно проводить розыскные мероприятия и раскрывать преступления. В Российской Федерации первые шаги в этом направлении были сделаны региональными властями самостоятельно: в Москве, Ростове-на-Дону, на Северном Кавказе.

26 сентября 2005 года вышло поручение Президента Российской Федерации № Пр-1564 «О создании государственной системы профилактики правонарушений МВД России», согласно которому предусматривалось развертывание подсистем видеонаблюдения, экстренной связи «Гражданин — полиция», спутниковых навигационно-мониторинговых систем ГЛОНАСС/GPS в ряде субъектов страны [1].

В 2007 году в официальном дискурсе появился термин «Аппаратно-программный комплекс «Безопасный город»». Старт проекту был дан в ходе заседания Госсовета по проблематике профилактики правонарушений и обеспечению общественной безопасности в стране. 29 июня было дано поручение № Пр-1293ГС, в рамках которого на техническое обеспечение профилактических мероприятий были выделены средства федерального бюджета.

В течение следующих семи лет АПК «Безопасный город» развивался сугубо в русле правоохранительной системы РФ под контролем МВД России. Технический фундамент комплекса в тот момент состоял из систем видеонаблюдения и фотовидеофиксации преступлений и правонарушений. В отсутствие комплексного документа, в котором бы детально излагались цели, задачи, этапы реализации программы и ее техническое содержание, субъекты РФ самостоятельно вырабатывали технические стандарты и регламенты, в результате чего даже системы ближайших регионов-соседей были несовместимы между собой.

На втором этапе истории АПК «Безопасный город», начавшемся в 2014 году, ключевой задачей было приведение к единому знаменателю, с одной стороны, практических наработок регионов и компаний-разработчиков окончательных устройств и программного обеспечения, и с другой стороны, концептуальных и организационных решений федеральных органов исполнительной власти и разработчиков самого комплекса.

27 мая 2014 года Президентом Российской Федерации было подписано поручение № Пр-1175 «О разработке общей концепции построения и развития аппаратно-программных комплексов «Безопасный город», согласно которому единый концептуальный подход должен был быть выработан к декабрю 2014 года [2].

3 декабря 2014 года распоряжением Правительства Российской Федерации № 2446-р была утверждена Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» [3], в соответствии с которой были определены два ключевых принципа построения и развития АПК «Безопасный город»: развертывание комплекса на базе муниципальных образований и интеграция всех систем в единое информационное пространство.

Теперь, помимо правоохранительного сегмента, сфера действия АПК «Безопасный город» стала распространяться на области обеспечения

транспортной и экологической безопасности, безопасности населения, городской и коммунальной инфраструктуры, а создание интегрированной информационной среды планировалось использовать как многоотраслевой инструмент управления территориями, что способствовало повышению эффективности работы ответственных служб и ведомств. Общее количество систем в составе АПК «Безопасный город» выросло до 150-ти по сравнению с двумя системами (видеонаблюдения и фото-видеофиксации) в 2007 году [4].

28 июня 2017 года заместителем Председателя Правительства Российской Федерации были утверждены Единые требования к техническим параметрам сегментов аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» [5], которые установили организационную структуру и технические спецификации для построения региональных сегментов АПК «Безопасный город».

Таким образом, к концу 2017 года были заложены методические основы «Безопасного города», однако в области реализации по-прежнему оставались значительные проблемы, связанные с рекомендательным характером всех принятых по «Безопасному городу» нормативных документов и отсутствием на федеральном уровне законодательной основы «Безопасного города». Это основная причина того, что к 2022 году только 12 субъектов отчиталось о запуске систем «Безопасного города», при том, что даже функционирующие комплексы не обеспечивали межведомственный обмен унифицированной информацией, что фактически сводило на нет преимущества оперативного автоматизированного мониторинга.

Необходимость двигаться в сторону централизации построения и развития АПК «Безопасный город» раз за разом доказывали происходящие взрывы газа в жилых домах, отключение электричества и тепла, паводки и наводнения, разливы нефти и нефтепродуктов, лесные пожары.

Во всех случаях автоматизированные системы мониторинга возможных опасных событий позволили бы своевременно предупредить происшествия, оперативное межведомственное взаимодействие на единой цифровой платформе обеспечило бы максимально эффективное реагирование, а применение прогнозно-аналитических моделей значительно сократило бы масштабы экологических последствий.

НИОКР «Разработка единых стандартов, функциональных технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-

программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением» позволила вывести «Безопасный город» на иной качественный уровень, сформировать устойчивый механизм принятия управленческих решений и подготовить законодательную и нормативно-техническую базу для успешного построения «Безопасного города» на территории России.

Обширная программа исследований была рассчитана на три года, должна быть завершена к концу 2022 года апробированием результатов и отладкой программно-технических решений на испытательном стенде [6].

Принимая во внимание активно продвигающуюся НИОКР, укрепление теоретической, программной и материальной базы «Безопасного города», институционализацию проекта, можно говорить о том, что «Безопасный город» вступил в третий, функционально-мультиплицирующий этап своей эволюции, на котором все функции: от сбора данных и их передачи в режиме реального времени в единое информационное пространство до прогнозирования сценариев развития самых сложных ситуаций, будут в полной мере выполняться на всей территории Российской Федерации.

В рамках НИОКР «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением» в 2020–2022 годах разработаны:

онтологическая модель данных АПК «Безопасный город», включающая полный спектр справочников и классификаторов по всем функциональным блокам и сегментам в соответствии с Концепцией построения и развития АПК «Безопасный город», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р;

прогнозные и аналитические модели (ПАМ) по основным видам угроз, описанным в Концепции;

сценарии реагирования единых дежурно-диспетчерских служб на кризисные ситуации и происшествия (КСП) при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия (сценарии реагирования);

стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия, а также единый стек открытых протоколов;

конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем разных уровней;

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

- Управление процессами социально-экономического развития
 - Контроль выполнения КПЭ губернатора
 - Автоматическая генерация сценариев управленческих решений на региональном уровне
 - Организация взаимодействия с должностными лицами и службами
 - Анализ выполнения бюджетных показателей
- Формирование Big Data для обработки с помощью математических алгоритмов

МУНИЦИПАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ЕДИНОЙ ДЕЖУРНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ (ЕДДС)

- Управление процессами социально-экономического развития муниципалитета
 - Автоматическая генерация сценариев управленческих решений
 - Организация взаимодействия с должностными лицами и службами через рабочие кабинеты на муниципальном уровне
- Диспетчеризация
- Система поддержки принятия решений
- Приним и обработка сигналов
- Анализ, моделирование и прогнозирование процессов кризисных ситуаций во всех сферах экономики города
 - Анализ, моделирование и прогнозирование угроз
 - Оперативное управление городскими и экстренными службами
 - Организация взаимодействия с населением

ФЕДЕРАЛЬНЫЕ, РЕГИОНАЛЬНЫЕ, ГОСУДАРСТВЕННЫЕ И ИНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

- Ведение электронного документооборота, закупочных процедур, паспортизации объектов, территории и средств связи, информатизации услуг образования и здравоохранения
- Структурирование и обработка информации (разнородная классификация объектов)

Системная архитектура единой системы «Безопасный город» на уровне субъекта РФ

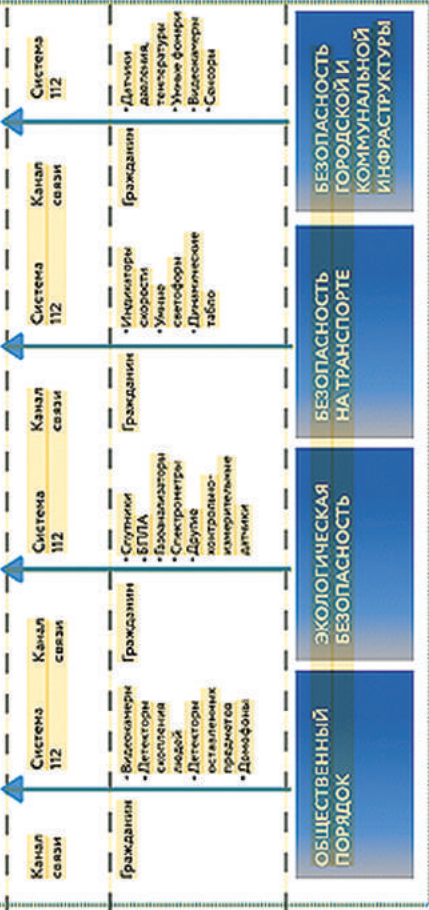
Системная архитектура единой системы «Безопасный город» муниципального уровня

Структурирование и обработка информации

Средства передачи информации

Источники информации

Кризисная ситуация или происшествие



испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»;

предложения по нормативному правовому, организационно-методическому и нормативно-техническому сопровождению мероприятий по построению и развитию аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», направленные на практическое применение результатов НИОКР.

Впервые для прогнозирования угроз общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности применен комплексный подход к анализу причинно-следственных связей, влияющих на возможность возникновения угроз и связанных с ними кризисных ситуаций и/или происшествий, в математическую основу которого положены байесовские классификаторы.

Важно отметить, что использование методов Байеса (глава 1) при разработке специального программного обеспечения прогнозных и аналитических моделей в дальнейшем позволит интегрировать сценарии реагирования согласно анализируемым угрозам, при которых методами Байеса может обеспечиваться «выборка» оптимального набора действий и может быть приведена вероятностная оценка эффективности принимаемых решений.

В данной монографии рассмотрены прогнозные и аналитические модели в области природных, техногенных и биолого-социальных угроз безопасности жизнедеятельности населения, а именно:

а) среди природных угроз:

модель для прогнозирования лесных пожаров (глава 2);

модель для прогнозирования последствий землетрясений (глава 3);

модель для прогнозирования наводнений вследствие паводков (глава 4);

б) среди техногенных угроз:

модель для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения (глава 5);

модель для прогнозирования последствий отключения электроснабжения (глава 6);

модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов (глава 7);

модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу (глава 8);

модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду (глава 9);

в) среди биолого-социальных угроз:

модель для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей (глава 10).

Глава 1.

Типовая прогнозная и аналитическая модель с использованием метода Байеса

1.1. Метод Байеса и байесовские сети

Метод Байеса — статистический метод, использующий теорему Байеса для вычисления и обновления вероятностей после получения новых данных [7].

Теорема Байеса (или формула Байеса) — одна из основных теорем элементарной теории вероятностей, которая позволяет определить вероятность события при условии, что произошло другое статистически взаимосвязанное с ним событие. По формуле Байеса можно более точно пересчитать вероятность, взяв в расчет как ранее известную информацию, так и данные новых наблюдений. Особенность теоремы Байеса заключается в том, что для ее практического применения требуется большое количество расчетов, вычислений, поэтому байесовские оценки стали активно использовать только после революции в компьютерных и сетевых технологиях [8].

Формула Байеса позволяет «переставить причину и следствие»: по известному факту события вычислить вероятность того, что оно было вызвано данной причиной. При этом необходимо понимать, что для применения теоремы причинно-следственная связь между A и B не является обязательной. События, отражающие действие «причин», в данном случае называют гипотезами, так как они — предполагаемые события, повлекшие данное. Безусловную вероятность справедливости гипотезы называют априорной (насколько вероятна причина вообще), а условную — с учетом факта произошедшего события — апостериорной (насколько вероятной оказалась причина с учетом данных о событии).

Байесовская сеть — это графовая вероятностная модель, представляющая собой множество переменных и их вероятностных зависимостей по Байесу. Математический аппарат байесовских сетей был создан американским ученым Дж. Перлом [9]. Формально, байесовская сеть — это

ориентированный ациклический граф, каждой вершине которого соответствует случайная переменная, а дуги графа кодируют отношения условной независимости между этими переменными. Вершины могут представлять переменные любых типов, быть взвешенными параметрами, скрытыми переменными или гипотезами. Существуют эффективные методы, которые используются для вычислений и обучения байесовских сетей.

1.2. Формализованное описание решаемой задачи

Классификация — один из разделов машинного обучения, посвященный решению следующей задачи. Имеется множество объектов (ситуаций), разделенных определенным образом на классы. Задано конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Это множество называется обучающей выборкой. Классовая принадлежность остальных объектов не известна. Требуется построить алгоритм, способный классифицировать произвольный объект из исходного множества, т. е. указать класс, к которому относится данный объект.

Байесовский классификатор — широкий класс алгоритмов классификации, основанный на принципе максимума апостериорной вероятности. Для классифицируемого объекта рассчитываются функции правдоподобия каждого из классов, по ним вычисляются апостериорные вероятности классов. Объект относится к тому классу, для которого апостериорная вероятность максимальна.

Вероятностная постановка задачи

Пусть X — множество описаний объектов, Y — конечное множество имен классов. Предполагается, что множество пар «объект, класс» $X \times Y$ является вероятностным пространством с плотностью распределения $p(x, y) = P(y)p(x | y)$.

Имеется конечная обучающая выборка независимых наблюдений $X^m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$, полученных согласно плотности распределения $p(x, y)$.

Требуется построить алгоритм классификации $\alpha: X \rightarrow Y$, которой способен отнести произвольный объект $x \in X$ к классу $y \in Y$.

Задача классификации сводится к следующим подзадачам:

1. Восстановление плотностей классов по обучающей выборке.
2. Построение оптимального классификатора при известных плотностях классов.

Восстановление плотностей классов по обучающей выборке

По заданной обучающей выборке независимых наблюдений $X^m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$, полученных из неизвестного распределения $p(x, y) = P_y p_y(x)$, построить эмпирические оценки априорных вероятностей $P_y = P(y)$ того, что появится объект класса y , и плотностей распределения каждого из классов (функций правдоподобия классов) $p_y(x) = p(x | y)$.

Построение оптимального классификатора при известных плотностях классов

Пусть для каждого класса y известна априорная вероятность P_y и известны плотности распределения каждого из классов (функции правдоподобия классов) $p_y(x)$.

Требуется построить алгоритм классификации $a(x)$, доставляющий минимальное значение функционалу среднего риска, определяемого как математическое ожидание ошибки:

$$R(a) = \sum_{y \in Y} \sum_{s \in Y} \lambda_y P_y P_{(x,y)} \{a(x) = s | y\}, \quad (1)$$

где λ_y — величина потерь за отнесение объекта класса y к классу s .

Решением указанной задачи при известных априорных вероятностях P_y и функциях правдоподобия классов $p_y(x)$ является алгоритм:

$$a(x) = \arg \max_{y \in Y} \lambda_y P_y p_y(x) = \arg \max_{y \in Y} \lambda P(y | x). \quad (2)$$

1.3. Генерация топологии байесовской сети

В основе вероятностного вывода байесовской сети лежит теорема Байеса, в соответствии с которой:

$$P(H|e) = \frac{P(e|H)P(H)}{P(e)}, \quad (3)$$

где:

H — гипотеза;

e — свидетельство;

$P(H|e)$ — апостериорная вероятность;

$P(H)$ — априорная вероятность.

В соответствии с теоремой Байеса, степень доверия, которую мы можем присвоить гипотезе H при наступлении свидетельства e , может быть рассчитана путем умножения предыдущей степени доверия $P(H)$ к гипотезе H на правдоподобие $P(e|H)$, означающее наступление свидетельства e при условии, что гипотеза H истинна.

Под графом понимается пара $G = \langle V, B \rangle$, где V — множество вершин графа, $V = \{V_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$; B — множество связей, $B = \{B_j\}$, $j = 1, 2, \dots, k$. Каждая связь представляет собой пару вершин вида $B_j = \langle V_s V_p \rangle$, где $V_s, V_p \in V$, а для графа без петель $V_s \neq V_p$.

Построение байесовской сети осуществляется по следующему принципу: если между двумя вершинами существует прямая причинно-следственная связь, то следует соединить эти вершины дугой, начинающейся в вершине-причине и заканчивающейся в вершине-следствии.

Каждый узел на диаграмме связей формально описывается в виде дискретной случайной переменной и заданным множеством ее значений. Все связи формально описываются в виде дуг графа.

После построения граф байесовской сети проверяется на наличие двух свойств:

- 1) в графе отсутствуют ориентированные циклы;
- 2) множество значений любой случайной переменной-вершины в графе представляет собой множество несовместных событий.

Если эти свойства выполняются, то построение графа завершается. В противном случае граф корректируется до тех пор, пока свойства 1) и 2) не окажутся истинными.

В ПАМ используется эвристический метод построения байесовских сетей.

Входные данные.

Множество обучающих данных $D = \{d_1, \dots, d_n\}$, $d_i = \{x_i^1 x_i^2 \dots x_i^{(N)}\}$, где: нижний индекс — номер наблюдения; верхний индекс — номер переменной); n — количество наблюдений; N — количество вершин (входных и выходных параметров).

1. Первый этап.

Для всех пар вершин вычисляют значения обоюдной информации $MI(x^i, x^j)$ по следующей зависимости:

$$MI(x^i, x^j) = \sum_{x^i, x^j} P(x^i, x^j) \cdot \log\left(\frac{P(x^i, x^j)}{P(x^i)P(x^j)}\right). \quad (4)$$

Значение обоюдной информации — это оценка количества информации, содержащейся в переменной x^i о переменной x^j .

При $MI(x^i, x^j) = 0$ переменные x^i и x^j полностью независимы друг от друга.

После этого осуществляется упорядочивание элементов множества MI по убыванию:

$$MI = \left\{ MI(x^{m_1}, x^{m_2}), MI(x^{m_3}, x^{m_4}), MI(x^{m_5}, x^{m_6}), \dots \right\}. \quad (5)$$

2. Второй этап.

1 шаг. Из множества значений обоюдной информации MI осуществляется выбор первых двух максимальных значений $MI(x^{m_1}, x^{m_2})$ и $MI(x^{m_3}, x^{m_4})$.

По полученным значениям $MI(x^{m_1}, x^{m_2})$ и $MI(x^{m_3}, x^{m_4})$ строится множество моделей G вида:

$$\begin{aligned} & \{(m_1 \rightarrow m_2; m_3 \rightarrow m_4), (m_1 \rightarrow m_2; m_3 \leftarrow m_4), (m_1 \leftarrow m_2; m_3 \leftarrow m_4), \\ & \quad (m_1 \leftarrow m_2; m_3 \rightarrow m_4), (m_1 \leftarrow m_2; m_3 \text{ не зависит от } m_4), \\ & (m_1 \rightarrow m_2; m_3 \text{ не зависит от } m_4), (m_1 \text{ не зависит от } m_2; m_3 \rightarrow m_4), \\ & \quad (m_1 \text{ не зависит от } m_2; m_3 \leftarrow m_4), \\ & (m_1 \text{ не зависит от } m_2; m_3 \text{ не зависит от } m_4)\}. \end{aligned}$$

Запись вида $m_i \rightarrow m_j$ означает, что вершина x^{m_i} является предком вершины x^{m_j} .

2 шаг. Среди всех моделей множества G осуществляется перебор всех возможных нециклических сетевых структур. В g^* сохраняется оптимальная сетевая структура, у которой наименьшее значение функции $L(g, x^n)$ — описание минимальной длины (ОМД) при заданной последовательности из n наблюдений $x^n = d_1 d_2 \dots d_n$.

В общем виде определение ОМД осуществляется следующим образом.

Входные данные.

Множество обучающих данных $D = \{d_1, \dots, d_n\}$, $d_i = \{x_i^1 x_i^2 \dots x_i^{(N)}\}$, где: нижний индекс — номер наблюдения; верхний индекс — номер переменной); n — количество наблюдений, состоит из $N(N \geq 2)$ переменных $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots, X^{(N)}$.

Каждая j -я переменная ($j = 1, \dots, N$) имеет $A^{(j)} = \{0, 1, \dots, a^{(j)} - 1\}$ ($a^{(j)} \geq 2$) состояний.

Каждая структура g (E) G представляется N множествами предков ($\Pi^{(1)}, \dots, \Pi^{(N)}$), то есть для каждой вершины $j = 1, \dots, N$, $\Pi^{(j)}$ — множество родительских вершин, такое что:

$$\Pi^{(j)} \subseteq \{X^{(1)}, \dots, X^{(N)}\} \setminus \{X^{(j)}\}. \quad (6)$$

Выражение (6) означает, что вершина не может быть предком самой себе, то есть петли в графе отсутствуют.

ОМД структуры $g \in G$ при заданной последовательности из n наблюдений $x^n = d_1 d_2 \dots d_n$ вычисляется по формуле:

$$L(g, x^n) = H(g, x^n) + \frac{k(g)}{2} \cdot \log(n), \quad (7)$$

где:

$k(g)$ — количество независимых условных вероятностей в сетевой структуре g ;

$H(g, x^n)$ — эмпирическая энтропия, определяемая по формуле:

$$H(g, x^n) = \sum_{j \in J} H(j, g, x^n); \quad (8)$$

$$k(g) = \sum_{j \in J} k(j, g), \quad (9)$$

где ОМД j -й вершины вычисляется по формуле:

$$L(j, g, x^n) = H(j, g, x^n) + \frac{k(j, g)}{2} \cdot \log(n). \quad (10)$$

Количество независимых условных вероятностей $k(j, g)$ j -й вершины определяется по формуле:

$$k(j, g) = (a^{(j)} - 1) \cdot \prod_{k \in \theta(j)} a^k, \quad (11)$$

где $\theta(j)$ (сс) $\{1, \dots, j-1, j+1, \dots, N\}$ — это такое множество, что $\Pi^{(j)} = \{X^{(k)}: k \in \theta(j)\}$.

Эмпирическая энтропия j -й вершины вычисляется по формуле:

$$H(j, g, x^n) = \sum_{s \in S(j, g)} \sum_{q \in A^{(j)}} -n[q, s, j, g] \cdot \log \frac{n[q, s, j, g]}{n[s, j, g]}, \quad (12)$$

где:

$$n(s, j, g) = \sum_{i=1}^n I(\pi_i^{(j)} = s), \quad (13)$$

$$n(q, s, j, g) = \sum_{i=1}^n I(x_i = q, \pi_i^{(j)} = s), \quad (14)$$

где:

$$\pi_i^{(j)} = \Pi^{(j)} \text{ означает } X^{(k)} = x^{(k)}, \forall k \in \theta^{(j)}.$$

Функция $I(E) = 1$, когда предикат $E = true$, в противном случае $I(E) = 0$.

Для (0–2), если $L(g, x^n) < L(g^*, x^n)$, то тогда $g^* \leftarrow g$.

3. Третий этап.

После нахождения оптимальной структуры (структур) g^* из G , из множества значений обоюдной информации MI выбирают следующее максимальное $MI(x^{i_next}, x^{j_next})$.

По полученному значению $MI(x^{i_next}, x^{j_next})$ и структуре (структурам) g^* строится множество моделей G вида: $\{(g^*; i_next \rightarrow j_next), (g^*; i_next \leftarrow j_next), (g^*; i_next \text{ не зависит от } j_next)\}$.

После этого осуществляется переход к 2 шагу этапа 2.

Указанный цикл повторяется до тех пор, пока не будет проанализировано определенное число элементов множества или все $N(N - 1)/2$ элементы множества MI .

Выходные данные — оптимальная структура (структуры) g^* .

1.4. Определение априорных условных и маргинальных вероятностных распределений

Для каждой переменной V , не имеющей родителей в графе G , определяется вероятностное распределение над множеством ее значений (таблица безусловных вероятностей) на основе статистической информации об этой переменной (например, вероятностное распределение уже известно либо имеется информация о частотах выпадения тех или иных значений переменной V), а при отсутствии такой информации — на основе мнения эксперта (задаются субъективные вероятности — степени доверия).

Если имеется статистическая информация о частотах выпадения тех или иных значений переменной V , то расчет вероятностей может быть проведен на основе частотной трактовки вероятности по следующей формуле:

$$P(v) = \frac{N_v}{N}, \quad (15)$$

где:

v — одно из значений переменной V ;

N_v — число исходов, при которых наблюдалось событие $\{V = v\}$;

N — общее число исходов.

Для каждой переменной V , которая имеет родителей (множество переменных PAV) в графе G , определяется таблица условных вероятностей над множеством ее значений на основе статистической информации об этой переменной, а при отсутствии такой информации — на основе мнения эксперта.

Если имеется статистическая информация о частотах выпадения тех или иных значений переменной V и переменных из множества PAV , то расчет вероятностей может быть проведен на основе частотной трактовки вероятности по следующей формуле:

$$P(v | pa) = \frac{N_{v,pa}}{N_{pa}}, \quad (16)$$

где:

v — одно из значений переменной V ;

pa — одно из возможных конфигураций множества PAV ;

$N_{v,pa}$ — число исходов, при которых наблюдалось совместное наступление событий $\{V = v\}$ и $\{PAV = pa\}$ (PAV имеют конфигурацию pa);

N_{pa} — число исходов, при которых наблюдалось событие $\{PAV = pa\}$.

Таким образом, в результате выполнения перечисленных действий формируется причинная байесовская сеть с графом G с множеством вершин V и полным совместным распределением $P(v)$.

Глава 2.

Модель для прогнозирования лесных пожаров

2.1. Общие математические модели прогнозирования лесных пожаров

Согласно [11] источниками природных чрезвычайных ситуаций являются опасные природные явления и процессы, к которым относятся и природные пожары. Среди них наиболее катастрофичными (по количеству погибших, пострадавших людей и материальному ущербу) являются лесные пожары [12, 13].

Математическому моделированию возникновения лесных пожаров посвящено большое число работ, в том числе работы [14–16]. Описанные в них модели строятся на основе использования физических параметров и экспериментальных данных возникновения загорания в нижних ярусах леса, и затем распространения лесных пожаров в верхних ярусах.

Известны многочисленные попытки рассматривать горение на кромке пожара как процесс тепло- и массообмена и выразить скорость распространения пожара на основе законов физики через параметры горючего материала и условия среды [17–19].

Математическая модель Г. А. Доррера [20] описывает процесс распространения лесного пожара как бегущую волну в неоднородной и анизотропной среде. Общая математическая модель лесных пожаров А. М. Гришина [21], учитывающая законы сохранения массы, импульса, энергии, а также физико-химические процессы, описывает возникновение и развитие горения во всех ярусах леса.

А. А. Кулешов [22] разделил существующие математические модели на следующие группы:

- модели прогноза динамики распространения лесного пожара;
- модели прогноза геометрических параметров лесного пожара;
- модели прогноза характеристик течения, тепло- и массопереноса во фронте и зоне пожара;

общие математические модели, в рамках которых могут быть спрогнозированы различные характеристики во фронте и в зоне лесного пожара.

Краткий обзор научных публикаций показывает, что в мировой практике разработано около пятидесяти моделей распространения низовых лесных пожаров, и около десяти моделей верховых лесных пожаров. Однако только несколько моделей доведены до уровня практического использования в программных комплексах [23, 24].

На современном этапе в нашей стране, наиболее перспективной моделью для задач, связанных с оценкой целесообразности тушения лесных пожаров в зоне контроля, является модель, реализованная в ИСДМ-Рослесхоз [25]. Это объясняется ее комплексностью, многолетней верификацией и отладкой на реальных пожарах в лесном фонде Российской Федерации.

В рамках создания аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» предложен подход к моделированию лесных пожаров, в основе которого лежат байесовские методы [26, 27], эффективность которых напрямую зависит от качества и достоверности входных данных [28].

2.2. Входные данные модели для прогнозирования лесных пожаров

Входные данные, характеризующие основные параметры лесного пожара, следует подготавливать по каждому наблюдаемому ЛП [29]. Отражение состояния основных параметров наблюдаемого ЛП по состоянию на дату и время наблюдения принимается за единицу наблюдения ЛП.

Состав входных данных, характеризующих основные параметры ЛП, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Входные данные, характеризующие основные параметры ЛП

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата и время наблюдения ЛП	-
2	Широта точки регистрации очага ЛП	-
3	Долгота точки регистрации очага ЛП	-
4	Вид ЛП (низовой, верховой)	-
5	Начальная площадь низового ЛП	га
6	Площадь низового ЛП на дату и время наблюдения	га
7	Скорость распространения фронта низового ЛП	м/мин
8	Скорость распространения фронта верхового ЛП	м/мин

Состав входных данных, характеризующих распределение ЛП за наблюдаемый период времени, представлен в табл. 2.

Таблица 2

Входные данные, характеризующие распределение ЛП в течение каждого месяца пожароопасного сезона

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата наблюдения	-
2	Общее количество зарегистрированных низовых ЛП за период 10 суток до даты наблюдения	ед.
3	Общее количество зарегистрированных верховых ЛП за период 10 суток до даты наблюдения	ед.

Состав входных данных, характеризующих метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения в течение суток, приведен в табл. 3.

Таблица 3

Входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата и время наблюдения	-
2	Наименование или код метеостанции	-
3	Географические координаты места расположения метеостанции	-
4	Температура воздуха	°С
5	Атмосферное давление	мм. ртутного столба
6	Относительная влажность	%
7	Направление ветра	румб
8	Скорость ветра	м/с
9	Количество осадков за сутки	мм
10	Температура точки росы	°С

Состав входных данных, характеризующих метеорологическую обстановку за сутки, представлен в табл. 4.

Таблица 4

Входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку за сутки

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата наблюдения	-
2	Наименование или код метеостанции	-
3	Географические координаты места расположения метеостанции	-
4	Преобладающая температура воздуха ночью	°С
5	Преобладающая температура воздуха днем	°С
6	Максимальная температура воздуха ночью	°С
7	Максимальная температура воздуха днем	°С
8	Количество осадков	мм

Состав входных данных, характеризующих пожарную опасность по условиям погоды, представлен в табл. 5.

Таблица 5

Входные данные, характеризующие пожарную опасность по условиям погоды

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата наблюдения	-
2	Наименование или код метеостанции	-
3	Географические координаты места расположения метеостанции	-
4	Комплексный показатель пожарной опасности	-
5	Класс пожарной опасности	-
6	Комплексный показатель пожарной опасности по методике ПВ-1 (на основе влажности напочвенного покрова)	-
7	Класс пожарной опасности по методике ПВ-1 (на основе влажности напочвенного покрова)	-

Состав входных данных, характеризующих лесные участки, приведен в табл. 6.

Таблица 6

Входные данные, характеризующие лесные участки

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Местонахождение лесного участка (лесничество, квартал, таксационный выдел)	-
2	Доля территории, покрытая лесом	-
3	Класс природной пожарной опасности (первый, второй, третий, четвертый, пятый)	-
4	Доля темнохвойных	-
5	Доля сосняков	-
6	Доля лиственничников	-
7	Доля мягколиственных	-
8	Доля кустарников	-
9	Средняя высота древостоя	м
10	Тип леса (теневыносливые, светолюбивые)	-
11	Степень сомкнутости полога (густые, редкие)	-
12	Средний возраст насаждений (молодые, спелые и перестойные)	-
13	Наличие в составе лесогорючих материалов лишайников	бинарный
14	Наличие в составе лесогорючих материалов мха	бинарный
15	Наличие в составе лесогорючих материалов хвои	бинарный
16	Наличие в составе лесогорючих материалов листьев	бинарный
17	Наличие в составе лесогорючих материалов сухих злаков	бинарный
18	Наличие в составе лесогорючих материалов кустарников	бинарный
19	Наличие в составе лесогорючих материалов отходов лесозаготовок	бинарный

Состав входных данных, характеризующих ландшафт территории, представлен в табл. 7.

Таблица 7

Состав входных данных, характеризующих ландшафт территории

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Цифровая модель высот лесничества (участкового лесничества, лесного квартала, таксационного выдела), на территории которого расположен лесной участок	-

2.3. Прогнозирование лесных пожаров

На основе отдельных входных данных осуществляется подготовка расчетных параметров ПАМ-ЛП [30].

В модели краткосрочного прогнозирования вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы, приведенные в табл. 8.

В качестве параметров, указанных в табл. 8, оценке подлежат следующие: скорость верхового ЛП; площадь низового ЛП; скорость низового ЛП.

На этапе обучения ПАМ-ЛП параметры (ответы) гипотез, приведенных в табл. 8, определяются путем сравнения:

а) для скорости верхового ЛП — параметра «Скорость распространения фронта верхового ЛП» с параметром «Расчетная скорость распространения фронта верхового ЛП»;

б) для площади низового ЛП — параметра «Площадь низового ЛП на дату и время наблюдения» с параметром «Расчетная площадь, пройденная низовым ЛП»;

в) для скорости низового ЛП — параметра «Скорость распространения фронта низового ЛП» с параметром «Расчетная скорость распространения фронта низового ЛП».

Таблица 8

Перечень гипотез модели краткосрочного прогнозирования, подлежащих проверке для каждого параметра

Номер гипотезы	Содержание гипотезы
1	Фактическое значение параметра соответствует его расчетному значению
2	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 5% в меньшую сторону
3	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 10% в меньшую сторону
4	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 15% в меньшую сторону
5	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 20% в меньшую сторону

Номер гипотезы	Содержание гипотезы
26	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 30% в большую сторону
27	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 35% в большую сторону
28	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 40% в большую сторону
29	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 45% в большую сторону
30	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 50% в большую сторону
31	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 55% в большую сторону
32	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 60% в большую сторону
33	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 65% в большую сторону
34	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 70% в большую сторону
35	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 75% в большую сторону
36	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 80% в большую сторону
37	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 85% в большую сторону
38	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 90% в большую сторону
39	Отклонение фактического значения параметра от его расчетного значения составляет 95% в большую сторону

В модели среднесрочного прогнозирования вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы, приведенные в табл. 9.

Таблица 9

Перечень гипотез модели среднесрочного прогнозирования

Номер гипотезы	Содержание гипотезы
1	В течение 10 суток возник (возникнет) низовой ЛП
2	В течение 10 суток возникли (возникнут) 2 и более низовых ЛП
3	В течение 10 суток возник (возникнет) верховой ЛП
4	В течение 10 суток возникли (возникнут) 2 и более верховых ЛП

В табл. 9 содержание каждой гипотезы в прошедшем времени используется на этапе обучения ПАМ-ЛП, а содержание гипотезы в будущем времени — при прогнозировании соответствующих событий на новых значениях наблюдаемых параметров.

На этапе обучения ПАМ-ЛП параметры (ответы) гипотез модели среднесрочного прогнозирования определяются на основе входных данных, характеризующих распределение ЛП за наблюдаемый период времени.

После обучения ПАМ-ЛП начинается процесс прогнозирования событий, соответствующих гипотезам краткосрочной и среднесрочной моделей, на новых значениях наблюдаемых параметров.

Порядок сбора новых значений наблюдаемых входных данных и их обработки в обязательном порядке должен соответствовать аналогичным процессам при обучении ПАМ-ЛП, за исключением того, что параметры (ответы) гипотез (оценка апостериорных вероятностей гипотез) определяются байесовским классификатором.

Отдельные наборы данных, характеризующих метеорологическую обстановку, при прогнозировании событий следует подготавливать на основе соответствующих прогнозов.

Прогнозируемая площадь ЛП определяется на основе результатов статистической обработки модели краткосрочного прогнозирования ПАМ-ЛП в зависимости от гипотезы, имеющей максимальную вероятность (см. табл. 8):

а) в случае, если максимальную вероятность имеет гипотеза 1, то прогнозируемая площадь ЛП будет соответствовать расчетному значению данного показателя;

б) в случае, если максимальную вероятность имеет одна из гипотез 2–20, то прогнозируемая площадь ЛП ($S_{\text{ЛП}}$, га) определяется по формуле:

$$S_{\text{ЛП}} = S_{\text{ЛП}}^{\text{расч}} (100 - D) / 100, \quad (17)$$

где:

$S_{\text{ЛП}}^{\text{расч}}$ — расчетное значение площади ЛП, га;

D — отклонение, %, соответствующее гипотезе 2–20, имеющей максимальную вероятность;

в) в случае, если максимальную вероятность имеет одна из гипотез 21–39, то прогнозируемая площадь ЛП ($S_{\text{ЛП}}$, га) определяется по формуле:

$$S_{\text{ЛП}} = S_{\text{ЛП}}^{\text{расч}} (100 + D) / 100. \quad (18)$$

Прогнозируемая скорость распространения фронта ЛП определяется по аналогии с определением прогнозируемой площади ЛП.

Длина кромки лесного пожара ($D_{\text{кромки}}$, м), через время, соответствующее шагу прогноза, определяется по формуле:

$$D_{\text{кромки}} = 0,5 \cdot \sqrt{S \cdot 10000}, \quad (19)$$

где S — площадь ЛП, га.

Значение площади ЛП (S , га) принимается для следующих вариантов:

1. В случае, если осуществлялось моделирование развития действующего ЛП, то при расчете длины кромки не учитывается начальная площадь данного пожара:

$$S = S_{\text{ЛП}} - S_{\text{н}}, \quad (20)$$

где $S_{\text{н}}$ — площадь ЛП по состоянию на начало прогнозирования, га.

2. При расчете длины кромки учитывается только 10% площади ЛП:

$$S = 0,1 S_{\text{ЛП}}. \quad (21)$$

Уровень угрозы перехода ЛП на населенный пункт определяется на основе результатов статистической обработки модели краткосрочного прогнозирования ПАМ-ЛП в зависимости от минимального расстояния от границы данного населенного пункта или объекта защиты до фронта ЛП.

С учетом полученного расстояния устанавливаются следующие уровни угрозы перехода ЛП на населенный пункт через время, соответствующее шагу прогноза:

- свыше 10 км — низкий;
- от 10 км включительно до 6 км — средний;
- от 6 км включительно до 1 км — высокий;
- до 1 км включительно — чрезвычайно высокий.

По данным, характеризующим основные параметры ЛП и метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения в течение суток, формируются обобщенные данные о наблюдаемых скоростях фронта верховых ЛП при различных скоростях ветра за период не менее 5 лет.

По результатам сбора обобщенных данных осуществляется расчет средней скорости фронта верхового ЛП для различных градаций скорости ветра по формуле:

$$v_{\text{фр ср}}^j = \frac{\sum_{i=1}^{N_j} v_{\text{фр } i}}{N_j}, \quad (22)$$

где:

j — диапазон значений скорости ветра, соответствующих j -ой градации (по табл. 10);

N_j — количество верховых ЛП, зарегистрированных при скоростях ветра, находящихся в диапазоне значений, соответствующему j -ой градации, ед.;

$v_{\text{фр } i}$ — скорость фронта i -ого верхового ЛП, м/мин.

Таблица 10

Справочник градаций значений скорости ветра

№ п/п	Диапазон значений, м/с
1	менее 0,3
2	[0,3; 1,6)
3	[1,6; 3,4)
4	[3,4; 5,5)
5	[5,5; 8)
6	[8; 10,8)
7	[10,8; 13,9)
8	[13,9; 17,2)
9	[17,2; 20,8)
10	[20,8; 24,5)
11	[24,5; 28,5)
12	[28,5; 32,7)
13	от 32,7 и более

Основные показатели распространения низовых лесных пожаров в ПАМ-ЛП рассчитываются по модели Ротермела [31].

Модель Ротермела основывается на положении о том, что скорость распространения пламени пропорциональна отношению теплоты горения материала к теплоте нагрева новых порций горючего материала до температуры воспламенения.

Определение скорости фронта распространения низового ЛП в ПАМ-ЛП осуществляется следующим образом.

По данным, полученным по результатам сбора характеристики лесного участка, определяется состав лесогорючего материала (ЛГМ) для данного участка, после чего для каждого слоя ЛГМ определяется площадь поверхности, приходящаяся на 1 м² территории по формуле:

$$A_i = \frac{\sigma_i \omega_{0i}}{\rho_i}, \quad (23)$$

где:

ω_0 — средний запас слоя ЛГМ, кг/м²;

σ — удельная поверхность слоя ЛГМ, м⁻¹;

ρ — плотность слоя ЛГМ, кг/м³.

Значения параметров формулы (23) определяются по табл. 11.

Таблица 11

Средние характеристики напочвенного покрова

Состав	Обозначение	Лишайник	Мох Шребера	Хвоя	Листья	Сухие злаки	Кустарник	Отходы лесозаготовок
Средний запас слоя ЛГМ, кг/м ²	ω_0	1,7	1,0	0,3	0,15	0,225	0,9	
Удельная поверхность слоя ЛГМ, м ⁻¹	σ	2000	2500	6000	11560	18170	6560	4920
Теплота сгорания, ккал/кг	h	4300	4700	4500	4880	4200	4400	
Плотность слоя ЛГМ, кг/м ³	ρ	300	512	460	420	512		
Высота слоя, м	δ	0,12	0,1	0,075	0,5	0,6	0,7	
Критическое влагосодержание, кг/кг	M_x	0,3	0,5	0,3	0,4	0,2		

Суммарная площадь поверхности (A_T) всех слоев ЛГМ рассчитывается по формуле:

$$A_T = \sum_{i=1}^n A_i. \quad (24)$$

Усреднение показателей «влагосодержание» слоев ЛГМ (M_{cp}) осуществляется по соотношению:

$$M_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_T} M. \quad (25)$$

Влагосодержание (M) принимается одинаковым для каждого слоя ЛГМ и определяется по формуле:

$$M = \frac{m}{100 - m}, \quad (26)$$

где m — относительная влажность ЛГМ, %.

Относительная влажность ЛГМ определяется по табл. 12 в зависимости от показателя влажности напочвенного покрова ПВ-1.

Таблица 12

Изменение наиболее вероятной влажности напочвенного покрова в зависимости от величины ПВ-1

ПВ-1	300	400	450	500	600	700	800	850	900	1000
m, %	36,5	29,0	25,5	22,5	19,5	17,0	15,0	14,5	14,0	13,5

ПВ-1	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
m, %	13,5	13,5	13,0	12,5	12,5	12,0	12,0	11,5	11,0

ПВ-1	2000	2100	≥ 2200
m, %	11,0	10,5	10

Усреднение показателей «средний запас слоя ЛГМ» слоев ЛГМ (ω_{0cp}) осуществляется по соотношению:

$$\omega_{0cp} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_T} \omega_i. \quad (27)$$

Усреднение показателей «предельное влагосодержание» слоев ЛГМ (M_{Xcp}) осуществляется по формуле:

$$M_{Xcp} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_T} M_{Xi}. \quad (28)$$

Усреднение показателей «плотность» слоев ЛГМ (ρ_{cp}) осуществляется по соотношению:

$$\rho_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_T} \rho_i. \quad (29)$$

Усреднение показателей «удельная поверхность» слоев ЛГМ (σ_{cp}) происходит по соотношению:

$$\sigma_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_T} \sigma_i. \quad (30)$$

Усреднение показателей «теплота сгорания» слоев ЛГМ (h_{cp}) определяется по соотношению:

$$h_{cp} = 4,184 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A_T} h_i. \quad (31)$$

Средняя высота ЛГМ (δ_{cp}) определяется по формуле:

$$\delta_{cp} = \sum_{i=1}^n \delta_i. \quad (32)$$

Далее осуществляется расчет скорости ветра на уровне 6 метров над кронами древостоя (W_{Z6}) по формуле:

$$W_{Z6} = W_{Z10} \left[\frac{Z_d + 6}{10} \right]^{0,28}, \quad (33)$$

где:

W_{Z10} — скорость ветра по данным ближайшей метеостанции;
 Z_d — средняя высота древостоя.

При этом, пересчет скорости ветра (W), полученной на ближайшей метеостанции, осуществляется по формуле:

$$W = \frac{0,31W_{Z_6}}{\sqrt{fZ_d} \ln \left[\frac{20 + 1,18Z_d}{0,43Z_d} \right]}, \quad (34)$$

где f — объемная плотность полога леса, определяется по табл. 13.

Таблица 13

Объемная плотность полога леса

Степень сомкнутости полога	Теневыносливые		Светолюбивые	
	Молодые	Спелые и перестойные	Молодые	Спелые и перестойные
Густые	0,32	0,24	0,16	0,08
Редкие	0,09	0,07	0,07	0,05

Значение показателя γ вычисляется по формуле:

$$\gamma = 3,767 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\omega_{0cp}}{\delta_{cp} \sigma_{cp}^{-0,8189}}. \quad (35)$$

Потенциальная скорость реакции горения определяется по формуле:

$$r = 0,168 \sigma_{cp}^{1,5} (495 + 9,979 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{cp}^{1,5})^{-1} \cdot \gamma^{(4,239 \sigma_{cp}^{0,1} - 7,27)^{-1}} \cdot \exp \left[(4,239 \sigma_{cp}^{0,1} - 7,27)^{-1} \cdot (1 - \gamma) \right]. \quad (36)$$

Доля теплового потока (ξ), идущая на поддержание процесса горения, рассчитывается по формуле:

$$\xi = (192 + 0,079 \sigma_{cp})^{-1} \cdot \exp \left[(0,792 + 0,376 \sigma_{cp}^{0,5}) (\gamma \cdot 8,858 \sigma_{cp}^{-0,8189} + 0,1) \right]. \quad (37)$$

Эффективная плотность ЛГМ (ε) определяется по формуле:

$$\varepsilon = \exp \left(-\frac{452,756}{\sigma_{cp}} \right). \quad (38)$$

Коэффициент замедления скорости сгорания по влагосодержанию (η_m) определяется по формуле:

$$\eta_m = 1 - \frac{2,59M_{\text{ср}}}{M_{\text{Хср}}} + 5,11 \left(\frac{M_{\text{ср}}}{M_{\text{Хср}}} \right)^2 - 3,52 \left(\frac{M_{\text{ср}}}{M_{\text{Хср}}} \right)^3. \quad (39)$$

Теплота воспламенения (Q) определяется по формуле:

$$Q = 250 + 1116M_{\text{ср}}. \quad (40)$$

Тогда скорость распространения фронта пожара при отсутствии ветра и склона ($v_{\text{фр}}^0$) можно рассчитать по формуле:

$$v_{\text{фр}}^0 = \frac{0,048h_{\text{ср}}\eta_S\omega_{0\text{ср}}\eta_m r \xi}{(\rho_{\text{ср}} + \rho_{\text{ср}}S_T)Q\gamma\varepsilon\sigma_{\text{ср}}^{-0,8189}}, \quad (41)$$

где:

η_S — коэффициент, учитывающий минеральный состав ЛГМ (принимается равным 0,42);

S_T — содержание минеральных веществ (принимается равным 0,02).

Коэффициент заполнения слоя ЛГМ определяется по формуле:

$$\beta = 8,858\gamma \sigma_{\text{ср}}^{-0,8189}. \quad (42)$$

Коэффициент влияния уклона местности (φ_S) на скорость распространения фронта пожара вычисляется по формуле:

$$\varphi_S = 5,275\beta^{-0,3}tg^2\varphi, \quad (43)$$

где φ — уклон ячейки матрицы с описанием лесного участка.

Коэффициенты K_1 и K_2 определяются по формулам:

$$K_1 = \gamma^{-0,715 \exp(-1,094 \cdot 10^{-4} \sigma_{\text{ср}})}; \quad (44)$$

$$K_2 = 7,47 \exp(-0,06919 \sigma_{\text{ср}}^{0,55}) (196,848W)^{0,0133 \sigma_{\text{ср}}^{0,54}}. \quad (45)$$

Тогда, коэффициент влияния ветра (φ_ω) на скорость распространения фронта пожара можно рассчитать по формуле:

$$\varphi_{\omega} = K_1 K_2. \quad (46)$$

В этом случае скорость распространения фронта пожара ($v_{\text{фр}}$, м/мин) можно определить по формуле:

$$v_{\text{фр}} = v_{\text{фр}}^0 (1 + \varphi_S + \varphi_{\omega}). \quad (47)$$

Исходя из допущений, что низовой ЛП в однородной среде распространяется эллипсом (см. рис. 1), площадь ЛП можно определить следующим образом.

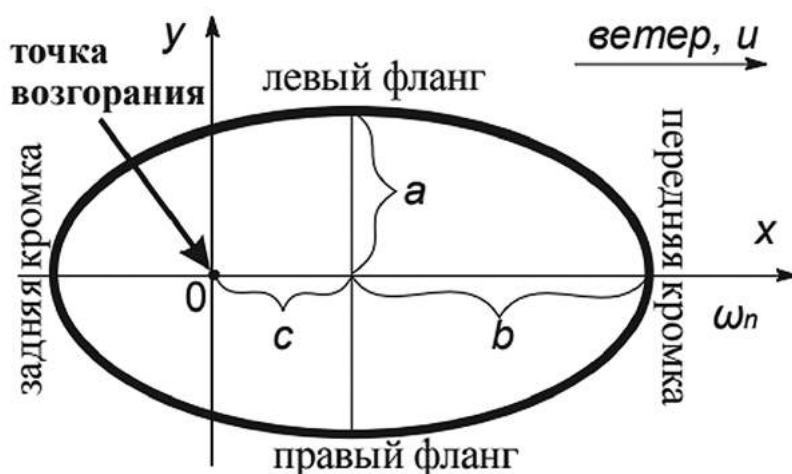


Рис. 1. Эллиптическая форма контура низового ЛП

Сначала определяется отношение длины ЛП к его ширине (LB) по формуле:

$$LB = 0,936 \exp(0,2566W) + 0,461 \exp(-0,1548W) - 0,397. \quad (48)$$

Далее определяется соотношение передней кромки ЛП к его задней кромке (HB) по формуле:

$$HB = \frac{LB + \sqrt{LB^2 - 1}}{LB - \sqrt{LB^2 - 1}}. \quad (49)$$

Величины a , b и c (см. рис. 1) рассчитываются по формулам:

$$b = \frac{v_{\text{фр}}(1 + HB)}{2HB}; \quad (50)$$

$$a = \frac{b}{LB}; \quad (51)$$

$$c = b - \frac{v_{\text{фр}}}{HB}. \quad (52)$$

Окончательное значение величин a , b и c определяется путем умножения каждой из приведенной величин на период прогнозирования в мин.

Тогда площадь ЛП ($S_{\text{ЛП}}$) вычисляется по формуле:

$$S_{\text{ЛП}} = \pi ab. \quad (53)$$

2.4. Выходные данные модели для прогнозирования лесных пожаров

Выходными данными ПАМ-ЛП при краткосрочном прогнозировании являются:

а) реализуемые с применением байесовского классификатора:

для верхового ЛП: отклонение фактического значения скорости фронта верхового ЛП от ее расчетного значения в течение суток через каждые 3 ч;

для низового ЛП: отклонение фактического значения площади низового ЛП от ее расчетного значения в течение суток через каждые 3 ч; отклонение фактического значения скорости фронта низового ЛП от ее расчетного значения в течение суток через каждые 3 ч;

б) реализуемые с использованием ГИС и аналитической обработки результатов вероятностной оценки:

для верхового ЛП: прогнозируемая скорость распространения фронта верхового ЛП в течение суток через каждые 3 ч; уровни угрозы перехода верхового ЛП на населенный пункт в течение суток через каждые 3 ч;

для низового ЛП: начальная площадь низового ЛП; прогнозируемая площадь низового ЛП в течение суток через каждые 3 ч; прогнозируемая

скорость низового ЛП в течение суток через каждые 3 ч; длина кромки низового ЛП в течение суток через каждые 3 ч; уровни угрозы перехода низового ЛП на населенный пункт в течение суток через каждые 3 ч;

в) исходные данные, используемые на каждом шаге прогнозирования.

Выходными данными ПАМ-ЛП при среднесрочном прогнозировании являются:

а) данные, реализуемые с применением байесовского классификатора: результаты вероятностной оценки возможности возникновения низового ЛП в течение 10 суток;

результаты вероятностной оценки возможности возникновения 2 и более низовых ЛП в течение 10 суток;

результаты вероятностной оценки возможности возникновения верхового ЛП в течение 10 суток;

результаты вероятностной оценки возможности возникновения 2 и более верховых ЛП в течение 10 суток;

б) исходные данные, используемые при прогнозировании.

Глава 3.

Модель для прогнозирования последствий землетрясений

В Российской Федерации сейсмоактивные зоны охватывают обширные районы Дальнего Востока, Забайкалья, Северного Кавказа, где интенсивность землетрясений может достигать девяти баллов [32, 33].

Поражающими факторами при землетрясениях являются, прежде всего, механические воздействия колебаний земной поверхности и трещины. Движение почвы крайне редко является причиной человеческих жертв. Главными причинами несчастных случаев и гибели людей являются вторичные факторы землетрясения: повреждения и разрушения зданий и сооружений, осыпания битых стекол, падение разорванных электропроводов, взрывы и пожары, связанные с утечкой газа из поврежденных труб, а также неконтролируемые действия людей, вызванные испугом и паникой [34, 35].

К 1980-м годам литосфера Земли была признана сложной иерархически нелинейной самоорганизованной диссипативной системой с критическими фазовыми переходами через наиболее сильные землетрясения [36, 37].

Успешное прогнозирование катастрофических землетрясений подразумевает последовательное пошаговое определение, позволяющее сузить временной интервал, область местоположения и диапазон магнитуд готовящегося землетрясения.

В [38] для прогнозирования таких ЧС предложены методы статистической обработки данных, основанные на теореме Байеса. Разработан проект соответствующего национального стандарта [39], который содержит описание процессов формирования априорной информации для прогнозирования землетрясений на контролируемой территории.

В основу методики прогнозной и аналитической модели «Землетрясение» [40] положены расчетные методы оценки параметров сейсмического воздействия, определения степени разрушения зданий и сооружений, элементов городской инфраструктуры, в том числе применены теоретические подходы в области анализа статистических данных, основанные на байесовском методе интерпретации вероятности. Указанный прогнозный

подход более прогрессивен, в отличие от расчетных значений событий, основанных на классических зависимостях, описывающих только протекающие физические и иные процессы при кризисной ситуации в заданный период времени, но требует подготовки больших массивов входных данных.

3.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий землетрясений

Согласно [41] основными исходными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ЗМ служат следующие группы параметров: характеристики землетрясений; характеристики поврежденных зданий и сооружений при землетрясениях; характеристики зданий и сооружений; характеристики территорий; параметры метеорологической обстановки.

Входными данными, характеризующими землетрясения, являются: дата и время возникновения землетрясения; условный номер (код) регистрации землетрясения; координаты эпицентра землетрясения; глубина очага землетрясения, км; магнитуда землетрясения.

Входными данными, характеризующими повреждения зданий и сооружений при землетрясениях, являются: условный номер (код) здания (сооружения); удаление здания (сооружения) от эпицентра землетрясения, м; степень повреждения здания (сооружения), которая определяется по табл. 14.

Входными данными, характеризующими здания и сооружения, являются: координаты расположения здания (сооружения); условный номер (код) здания (сооружения); тип здания (сооружения); действующий класс сейсмостойкости здания (сооружения); годы начала и окончания строительства; год сдачи в эксплуатацию; максимальное и минимальное количество этажей; высота здания (сооружения), м; категория грунта по сейсмическим свойствам площадки под основанием здания (сооружения); тип фундамента; тип материала фундамента; тип межэтажных перекрытий; тип материала межэтажных перекрытий; тип несущей конструкции; материал стен; тип крыши; материал крыши; наличие цокольного этажа (подвального помещения); численность людей, чел.

Степень повреждений зданий и сооружений

Описание реакции отдельного здания и сооружения	Степень повреждения
Отсутствие видимых повреждений. Сотрясение здания; сыплется пыль из щелей, осыпаются чешуйки побелки	0
Слабые повреждения. Слабые повреждения отделки и несущих элементов здания или сооружения: тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Работоспособное техническое состояние	1
Слабые повреждения. Слабые повреждения отделки и несущих элементов здания или сооружения: трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Ограниченно работоспособное техническое состояние	2
Серьезные повреждения. Повреждения отделки и несущих элементов здания или сооружения: трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов. Аварийное состояние	3
Значительные повреждения. Значительные повреждения несущих элементов здания или сооружения, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, падение дымовых труб. Значительные деформации и большие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей. Здание под снос	4
Разрушение. Обрушение несущих стен и перекрытия, полное обрушение здания или сооружения с потерей его формы	5

При этом тип здания (сооружения) определяется по табл. 15.

Таблица 15

Типы зданий и сооружений

№ п/п	Тип здания (сооружения)
1	1-2 этажное здание или административное здание
2	Многоэтажное жилое здание
3	Административное многоэтажное здание
4	Промышленное здание
5	Объект (сооружение) инфраструктуры
6	Прочие

Действующий класс сейсмостойкости здания (сооружения) определяется по табл. 16.

Таблица 16

Классы сейсмостойкости зданий и сооружений

Характеристика зданий и сооружений	Условное обозначение классов сейсмостойкости
<p>Здания и сооружения аварийной категории технического состояния.</p> <p>Не рассчитанные на сейсмические воздействия здания и сооружения категории ограниченно работоспособного технического состояния</p>	C5
<p>Здания категории не ниже работоспособного технического состояния со стенами из местных строительных материалов: глинобитные без каркаса; саманные или из сырцового кирпича без фундамента; выполненные из окатанного или рваного камня на глиняном растворе и без регулярной (из кирпича или камня правильной формы) кладки в углах и т.п.</p> <p>Здания и сооружения категории ограниченно работоспособного технического состояния: саманные армированные с фундаментом, деревянные, рубленые «в лапу» или «в обло», из глиняного кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе.</p> <p>Здания и сооружения, не рассчитанные на сейсмические воздействия, категории не ниже работоспособного технического состояния.</p>	C6

<p>Здания и сооружения категории ограниченно работоспособного технического состояния всех видов (кирпичные, блочные, каркасные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов</p>	
<p>Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния: саманные армированные с фундаментом, деревянные, рубленые «в лапу» или «в обло», из жженого кирпича, тесаного камня или бетонных блоков на известковом, цементном или сложном растворе.</p> <p>Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния всех видов (кирпичные, блочные, каркасные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 7 баллов.</p> <p>Здания и сооружения категории ограниченно работоспособного технического состояния всех видов (кирпичные, блочные, каркасные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 8 и 9 баллов</p>	<p>C7</p>
<p>Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния всех видов с проведением антисейсмических мероприятий, рассчитанных на воздействие 8 баллов.</p> <p>Здания и сооружения категории ограниченно работоспособного технического состояния всех видов (кирпичные, блочные, каркасные, панельные, бетонные, деревянные, щитовые и др.) с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 9 и 10 баллов</p>	<p>C8</p>
<p>Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния с проведением антисейсмических мероприятий, рассчитанных на воздействие 9 баллов.</p> <p>Здания и сооружения категории ограниченно работоспособного технического состояния всех видов с антисейсмическими мероприятиями для расчетной сейсмичности 10 баллов</p>	<p>C9</p>
<p>Здания и сооружения категории не ниже работоспособного технического состояния с проведением антисейсмических мероприятий, рассчитанных на воздействие 10 баллов</p>	<p>C10</p>

Категория грунта по сейсмическим свойствам площадки под основанием здания (сооружения) определяется по табл. 17.

Таблица 17

Категории грунтов по сейсмическим свойствам

№ п/п	Грунты	Категория грунта по сейсмическим свойствам
I	Скальные грунты (в том числе многолетнемерзлые и многолетнемерзлые оттаявшие) неветрелые и слабоветрелые; крупнообломочные грунты плотные, маловлажные из магматических пород, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнителя; выветрелые и сильновыветрелые скальные и дисперсные твердомерзлые (многолетнемерзлые) грунты при температуре минус 2 °С и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии)	I
II	Скальные грунты выветрелые и сильновыветрелые, в том числе многолетнемерзлые, кроме отнесенных к категории I; крупнообломочные грунты, за исключением отнесенных к категории I, пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; глинистые грунты с показателем консистенции от 0,5 и менее при коэффициенте пористости менее 0,9 для глин и суглинков и менее 0,7 — для супесей; многолетнемерзлые нескальные грунты пластичномерзлые или сыпучемерзлые, а также твердомерзлые при температуре выше минус 2 °С при строительстве и эксплуатации по принципу I	II
III	Пески рыхлые независимо от степени влажности и крупности; пески гравелистые, крупные и средней крупности, плотные и средней плотности водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности влажные и водонасыщенные; глинистые грунты с показателем консистенции более 0,5; глинистые грунты с показателем консистенции от 0,5 и менее при коэффициенте пористости от 0,9 и более — для глин и суглинков и от 0,7 и более — для супесей; многолетнемерзлые дисперсные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допускается оттаивание грунтов основания)	III
IV	Наиболее динамически неустойчивые разновидности песчано-глинистых грунтов, указанные в категории III, склонные к разжижению при сейсмических воздействиях	IV

Тип фундамента представлен в табл. 18.

Таблица 18

Типы фундаментов зданий и сооружений

№ п/п	Тип фундамента
1	Ленточный
2	Столбчатый
3	Плитный
4	Свайный

Тип материала фундамента соответствует данным, представленным в табл. 19.

Таблица 19

Типы материала фундамента зданий и сооружений

№ п/п	Тип материала фундамента
1	Железобетонный
2	Бетонный
3	Бутовый
4	Бутобетонный
5	Кирпичный
6	Деревянный
7	Железный
8	Композитный
9	Прочие

Типы межэтажных перекрытий зданий и сооружений классифицируются в соответствии с табл. 20.

Таблица 20

Типы межэтажных перекрытий зданий и сооружений

№ п/п	Тип межэтажных перекрытий
1	Балочные
2	Безбалочные
3	Монолитные железобетонные
4	Сборно-монолитные
5	Прочие

Тип материала межэтажных перекрытий зданий и сооружений определяется в соответствии с табл. 21.

Таблица 21

Типы материала межэтажных перекрытий зданий и сооружений

№ п/п	Тип материала межэтажных перекрытий
1	Железобетонные
2	Бетонные
3	Деревянные
4	Железные
5	Композитные
6	Прочие

Типы несущих конструкций зданий и сооружений определяются в соответствии с табл. 22.

Таблица 22

Типы несущих конструкций зданий и сооружений

№ п/п	Тип несущей конструкции
1	Стойечно-балочная
2	Арочно-сводчатая
3	Стеновая
4	Оболочки одинарной и двойкой кривизны
5	Висячая
6	Перекрестно-стержневая (структура)
7	Пневматическая
8	Арочная
9	Прочие

Материал стен зданий и сооружений соответствует классификации, приведенной в табл. 23.

Таблица 23

Материал стен зданий и сооружений

№ п/п	Материал стен
1	Железобетонные
2	Бетонные
3	Бутовые
4	Бутобетонные

5	Кирпичные
6	Деревянные
7	Металлические
8	Композитные
9	Прочие

Тип крыш зданий и сооружений должен соответствовать данным, приведенным в табл. 24.

Таблица 24

Типы крыш зданий и сооружений

№ п/п	Тип крыши
1	Однокатная
2	Двускатная
3	Двускатная крыша производственного здания с продольным фонарем
4	Сводчатая
5	Складчатая
6	Куполообразная
7	Многощипцовая
8	Крестовый свод
9	Сферическая оболочка
10	Шпалеобразная
11	Из косых поверхностей
12	Плоская
13	Прочие

Материалы крыш зданий и сооружений определяются в соответствии с табл. 25.

Таблица 25

Материалы крыш зданий и сооружений

№ п/п	Материал крыши
1	Железобетонная
2	Бетонная
3	Деревянная
4	Из металла (профнастил)
5	Из композитных (полимерных) материалов
6	Из черепицы
7	Прочие

Входными данными, характеризующими территории, являются: условный номер (код) НП; тип ландшафта; тип НП; высота НП над уровнем моря, м; характеристика застройки НП; плотность застройки НП; плотность населения, чел./км².

Тип ландшафта определяется по табл. 26.

Таблица 26

Типы ландшафта местности

№ п/п	Тип ландшафта
1	Равнинный
2	Горная местность

Тип НП определяется по табл. 27.

Таблица 27

Классификация населенных пунктов по численности населения и по площадной характеристике

№ п/п	Наименование населенного пункта	Численность населения, млн чел.	Площадные характеристики населенного пункта, км ²
1	сверхкрупные города	>3	>500
2	крупнейшие города	>1 ≤3	>300 ≤500
3	крупные города	>0,25 ≤1	>200 ≤300
4	большие города	>0,1 ≤0,25	>100 ≤200
5	средние города	>0,05 ≤0,1	>50 ≤100
6	малые города и поселки	>0,005 ≤0,05	>25 ≤50
7	крупные сельские поселения	>0,0025 ≤0,005	>15 ≤25
8	большие сельские поселения	>0,001 ≤0,0025	>10 ≤15
9	средние сельские поселения	>0,0002 ≤0,001	>5 ≤10
10	малые сельские поселения	≤0,0002	≤5

Характеристика застройки НП определяется по табл. 28.

Таблица 28

Характеристика застройки НП

№ п/п	Характеристика застройки
1	Городской тип с преобладанием промышленной зоны
2	Городской тип без крупных промышленных объектов
3	Сельский тип

Плотность застройки НП определяется по табл. 29.

Таблица 29

Плотность застройки территории

№ п/п	Характеристика застройки
1	Высокая (от 60% территории включительно и выше)
2	Средняя (от 40% территории включительно и менее 60%)
3	Низкая (от 20% территории включительно и менее 40%)
4	Незначительная (менее 20% территории)

Входными данными, характеризующими метеорологическую обстановку, являются: дата и время формирования метеоданных; наименование (идентификационный номер) метеостанции; географические координаты расположения метеостанции; преобладающая температура воздуха ночью, °С; преобладающая температура воздуха днем, °С; максимальная температура воздуха ночью, °С; максимальная температура воздуха днем, °С; количество осадков, мм.

3.2. Прогнозирование последствий землетрясений

В ПАМ-3М вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы, приведенные в табл. 30.

Перечень гипотез ПАМ-ЗМ

Номер гипотезы	Содержание гипотезы
1	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 0 степень повреждения
2	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 1 степень повреждения
3	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 2 степень повреждения
4	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 3 степень повреждения
5	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 4 степень повреждения
6	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 5 степень повреждения

В табл. 30 содержание каждой гипотезы в прошедшем времени используется на этапе обучения ПАМ-ЗМ, а содержание гипотезы в будущем времени — при прогнозировании соответствующих событий на новых значениях наблюдаемых параметров.

На этапе обучения ПАМ-ЗМ параметры (ответы) гипотез определяются на основе значений параметра «Степень повреждения здания (сооружения)».

После обучения ПАМ-ЗМ начинается процесс прогнозирования событий, соответствующих гипотезам, на новых значениях наблюдаемых параметров.

Порядок сбора новых значений наблюдаемых входных данных и их обработки соответствует аналогичным процессам при обучении ПАМ-ЗМ, за исключением того, что параметры (ответы) гипотез (оценка апостериорных вероятностей гипотез) определяются байесовским классификатором.

При прогнозировании с использованием ПАМ-ЗМ каждое здание или сооружение рассматривается в отдельности. В этих целях заранее подготавливаются характеристики всех зданий и сооружений на контролируемой территории.

3.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий землетрясений

Выходными данными ПАМ-ЗМ являются:

а) реализуемые с применением байесовского классификатора: степень повреждения здания или сооружения (для каждого здания и сооружения на контролируемой территории);

б) реализуемые с использованием аналитической обработки результатов вероятностной оценки:

общее количество зданий и сооружений с 0–5 степенями повреждений;

общее количество людей в зданиях и сооружениях с 0–5 степенями повреждений;

в) исходные данные, используемые на каждом шаге прогнозирования.

Глава 4.

Модель для прогнозирования наводнений вследствие паводков

В Российской Федерации площадь паводкоопасных территорий составляет 400 тыс. км², из них 50 тыс. км² ежегодно подвергается затоплению. Катастрофические наводнения имели место и могут повториться в будущем на территории, где расположены 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов и более 7 млн га сельхозугодий [42].

Под наводнением понимается резкое повышение уровня воды в реке, водоеме, водохранилище, море (или его части), приводящее к затоплению значительных участков суши и наносящее материальный ущерб [43].

Наводнения вызываются различными причинами.

Для большей части территории России характерно весеннее половодье, вызванное таянием снежного покрова, накопившегося в холодный зимний период. На реках, текущих с юга на север, весенние половодья часто сопровождаются заторами льда, которые усугубляют размеры бедствия, поскольку резко снижают пропускную способность русла. К числу таких наводнений относится катастрофическое затопление г. Ленска, случившееся на р. Лене в 2001 г.

На значительной территории России опасность представляют паводки, наводнения в результате выпадения интенсивных дождевых осадков (ливней) или прохождения тайфунов и муссонов, охватывающих значительные водосборные площади и формирующих дождевые половодья. Примерами тяжелых последствий паводков, явились наводнения в бассейне реки Кубани в 2002 году, в бассейне реки Амура в 2013 году, в г. Тулун на реке Ия в 2019 году, когда недостаточность мероприятий территориального планирования сопровождалась плохим качеством проектирования и строительства систем инженерной защиты территорий от паводкоопасных явлений.

Ключевым поражающим фактором наводнения является зона затопления. Для расчета зоны воздействия наводнения требуется гидроморфологическая характеристика реки в период паводка, включая прогноз уровня подъема воды, расход воды и скорость течения реки [44]. Гидравлические модели используют управляющие уравнения потока

в движении (сохранение принципов массы и импульса) для прогнозирования характеристик паводка. Однако решение таких уравнений может быть дорогостоящим в зависимости от их пространственного расширения. Более того, моделирование двух- или трехмерного речного потока с использованием топографических данных высокого разрешения для крупномасштабных регионов практически реализуемо, по причине отсутствия необходимой сети мониторинга гидрологической обстановки.

Из большого числа существующих в мире моделей формирования стока и динамики русло-пойменных потоков, наиболее распространенной в отечественной практике является модель ЕСОМАГ [45, 46].

Общая схема описания процессов формирования речного стока в модели ЕСОМАГ выглядит следующим образом. В летний период выпадающие жидкие осадки частично перехватываются растительностью, частично попадают на поверхность почвы. Избыток воды, не поглощенный почвой, после заполнения депрессий на поверхности бассейна перемещается по уклону поверхности в речную сеть. Часть влаги, впитавшейся в почву, может перемещаться по уклону по относительно непроницаемым водоупорам. Вода, не попавшая в речную сеть, расходуется на испарение или дренаж в более глубокие горизонты почвы.

В холодный период года рассматриваемая схема дополняется учетом гидротермических процессов в снежном покрове и почве, включая процессы формирования снежного покрова и снеготаяния, промерзания и оттаивания почвы, инфильтрации незамерзшей влаги в мерзлую почву. Схема включает описание поверхностного и подземного стока воды на водосборе, движения воды по речной сети.

При модельной схематизации речного бассейна его поверхность разделяется нерегулярной сеткой на отдельные расчетные элементы с учетом особенностей рельефа и структуры речной сети.

Моделирование гидрологических процессов на каждом расчетном элементе выполняется для четырех уровней: для поверхностного слоя почвы (горизонт А), подстилающего его более глубокого слоя (горизонт Б), емкости грунтовых вод и емкости в зоне формирования поверхностного стока. В холодный период добавляется емкость снежного покрова.

В методике прогнозирования паводков (ПАМ-НВ), в качестве математической основы моделирования наводнений предложены байесовские классификаторы, которые используют приведенные в ней основные

входные данные для формирования базовых обучающих множеств моделей краткосрочного и среднесрочного прогнозирования наводнений.

4.1. Входные данные модели для прогнозирования наводнений вследствие паводков

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-НВ в отношении наблюдаемых территорий (НТ) служат данные о наводнениях вследствие паводков, обусловленных обильными осадками на НТ; данные, характеризующие участки рек¹, с участками их водосборов; данные, характеризующие водосборы наблюдаемых участков рек; данные, характеризующие водохозяйственные системы на наблюдаемых участках рек; данные, характеризующие контролируемые НП, расположенные в зонах вероятного затопления местности; данные, характеризующие гидрологическую обстановку на участках рек и данные об объектах ее формирующую; данные, характеризующие метеорологическую обстановку на наблюдаемых участках местности и данные об объектах ее формирующую; данные, характеризующие преобладающий ландшафт местности, типы и состав почв в пределах границ НП и участков водосборов наблюдаемых рек.

Входными данными, характеризующими паводок, вызванный обильными осадками на НТ, являются: дата и время наблюдения паводка, вызванного обильными осадками; координаты полигона зоны затопления НТ (долгота и широта), град.; наименование НП, подвергшегося затоплению территории; статус регистрации факта превышения подъема воды в наблюдаемой реке-пункте уровня отметки «неблагоприятное явление» (НЯ); статус регистрации факта превышения подъема воды в наблюдаемой реке-пункте уровня отметки «опасное явление» (ОЯ); статус регистрации факта скорости подъема уровня воды в наблюдаемой реке-пункте, характерного для катастрофического затопления местности; площадь зоны затопления НТ, км²; площадь затопления НТ, км²; площадь зоны затопления в границах

¹ До пункта мониторинга гидрологической обстановки (ПМГО), расположенного за контролируемым населенным пунктом (НП).

контролируемого НП, км²; общая продолжительность наводнения в наблюдаемом НП, сут.

При отсутствии сведений о площадных характеристиках зон затоплений при паводках в границах НТ, допускается их определять по данным дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), а также по формализованным описаниям зон затоплений местности, представленным в виде координат точек замеров уровней подъема воды на местности и уровней подъемов воды в указанных точках измерений.

Общими и геофизическими показателями, характеризующими наблюдаемую реку-пункт², служат: наименование реки-пункта; пространственное описание полигона реки-пункта, представленное в виде географических координат (долгота и широта), град.; средние значения ширины и глубин в истоке, середине и в границе ПМГО, расположенного после НП, м; гидрографическая длина водотока реки-пункта, км; площадь акватории реки-пункта, м²; периметр акватории реки-пункта, м; направление течения реки-пункта, град.; уклон водной поверхности реки-пункта, град.; диапазон дирекционных углов направления течения реки-пункта, град.; время наступления паводковой опасности на реке-пункте, сутки с начала года; время наступления ледостава на реке-пункте, сутки с начала года; период паводковой опасности на реке-пункте, сутки; период ледостава на реке-пункте, сутки; средний многолетний слой стока реки-пункта, м³/с км²; среднегодовой расход воды в реке-пункте, км³/год.

Входными данными, характеризующими водосбор наблюдаемой реки-пункта, являются: пространственное описание полигона водосбора реки-пункта, представленное в виде географических координат (долгота и широта), град.; площадь водосбора реки-пункта, км²; длина водосбора реки-пункта, км; средняя высота водосбора реки-пункта над уровнем моря, м; средний уклон водосбора реки-пункта, град.; средние уклоны склонов водосбора реки-пункта, град.; преобладающий тип уклона склонов водосбора; площади территорий занятых лесом, расположенные на водосборе реки-пункта, км²; площади территорий болотистой местности, расположенные на водосборе реки-пункта, км²; закарстованная площадь водосбора реки-пункта, км²; площади акваторий озер, расположенных

² Река-пункт — часть водотока реки от истока до контролируемого места (ближайшего пункта мониторинга гидрологической обстановки, расположенного после контролируемого населенного пункта), для которого определяются гидрологические характеристики реки.

на водосборе реки-пункта, км²; общая длина речных долин, сухих русел, оврагов, балок и логов водосбора реки-пункта, км.

Преобладающий тип уклона склонов водосбора определяется по табл. 31.

Таблица 31

Типы преобладающих уклонов склонов водосбора

№ п/п	Значение параметра
1	Возвышенности
2	Увалы
3	Холмистые равнины
4	Низменности

Входными данными, характеризующими каждую водохозяйственную систему на наблюдаемой реке-пункте, являются: наименование водохозяйственной системы на реке-пункте; тип объекта водохозяйственной системы; пространственное описание объектов водохозяйственной системы, представленное в виде географических координат (долгота и широта), град.; площадь водохозяйственной системы, км²; периметр водохозяйственной системы, м; полезный объем водохозяйственной системы, км³; средняя глубина водохозяйственной системы, м. Тип объекта водохозяйственной системы определяется по табл. 32.

Таблица 32

Типы объектов водохозяйственной системы на реке-пункте

№ п/п	Значение параметра
1	Естественное водохранилище
2	Искусственное водохранилище
3	Каскад водохранилищ
4	Преобладают каналы водозаборных станций
5	Преобладают каналы оросительных систем
6	Прочие водохозяйственные системы

Входными данными, характеризующим контролируемый НП, являются: наименования субъекта Российской Федерации, муниципального образования, НП; координаты административной границы НП (долгота и широта), град.; тип НП; расположение НП относительно реки; удаление НП от реки, км; площадь территории НП, км²; высота НП над уровнем моря, м; расстояние от НП до истока реки-пункта, км; численность

населения НП, чел.; количество биологических активов в НП, ед.; количество зданий (сооружений) соответствующих типов: жилые многоэтажные, жилые 1–2 этажные, производственные, социального назначения, сооружения инфраструктуры, ед.; плотность застройки НП, %; доля промышленной застройки НП; доля городской застройки НП.

Тип НП определяется по табл. 33.

Таблица 33

Тип НП, определяемый по численности населения или площадной характеристике

№ п/п	Тип НП	Численность населения, млн. чел.	Площадные характеристики НП, км ²
1	Сверхкрупные города	>3	>500
2	Крупнейшие города	>1 ≤3	>300 ≤500
3	Крупные города	>0,25 ≤1	>200 ≤300
4	Большие города	>0,1 ≤0,25	>100 ≤200
5	Средние города	>0,05 ≤0,1	>50 ≤100
6	Малые города и поселки	>0,005 ≤0,05	>25 ≤50
7	Крупные сельские поселения	>0,0025 ≤0,005	>15 ≤25
8	Большие сельские поселения	>0,001 ≤0,0025	>10 ≤15
9	Средние сельские поселения	>0,0002 ≤0,001	>5 ≤10
10	Малые сельские поселения	≤0,0002	≤5

Расположение НП относительно реки определяется по табл. 34.

Таблица 34

Тип расположения НП в зоне возможного затопления местности

№ п/п	Значение параметра
1	НП расположен по правому берегу реки
2	НП расположен по левому берегу реки
3	Река проходит по территории НП

Геофизическими показателями каждого ПМГО и формируемые им общими сведениями о гидрологической обстановке на каждом участке наблюдаемой реки-пункта, являются: наименование (идентификационный номер) ПМГО; географические координаты расположения ПМГО (долгота и широта), град.; тип ПМГО; высота ПМГО над уровнем моря, м; глубина воды в реке на нулевой отметке (уровень воды в реке при значении нуль графика наблюдений) ПМГО, м; уровни воды в границах

ПМГО, характеризующие НЯ и ОЯ, м; среднесезонные и максимальные уровни воды в границах ПМГО для зимнего, весеннего, летнего и осеннего периодов, м; среднесезонные и максимальные расходы воды в границах ПМГО для зимнего, весеннего, летнего и осеннего периодов, м³/с км²; максимальное и минимальное значения скорости течения реки в границах ПМГО, м/с; максимальное и среднегодовые значения стока воды в границах ПМГО, мм; максимальное и минимальное значения напора воды в границах ПМГО, м; максимальное и минимальное значения температуры воды реки в границах ПМГО, °С; максимальное и минимальное значения площади сечения створа реки в границах ПМГО, м²; максимальное и минимальное значения приведенной длины створа реки в границах ПМГО, м; максимальное и минимальное значения приведенной глубины створа реки в границах ПМГО, м; приведенная длина дна створа реки в границах ПМГО, м; тип живого сечения створа реки в границах ПМГО.

Тип ПМГО определяется по табл. 35.

Таблица 35

Типы объектов, формирующие сведения о гидрологической обстановке

№ п/п	Значение параметра
1	Мобильный пункт МГО
2	Стационарный пункт МГО
3	Гидропост

Тип живого сечения створа реки в границах ПМГО определяется по табл. 36.

Таблица 36

Типы живых сечений створов реки

№ п/п	Значение параметра
1	Трапецеидальное
2	Прямоугольное
3	Треугольное
4	Параболическое
5	Круговое
6	Полигональное
7	Двойное трапецевидное

Входными данными, характеризующими гидрологическую обстановку на наблюдаемом участке реки-пункта, являются: дата и время наблюдения гидрологической обстановки на участке реки-пункта; наименование (идентификационный номер) ПМГО; уровень подъема воды, м; расход потока воды, м³/с км²; длина створа реки, м; площадь живого сечения створа реки, м²; скорость течения, м/с; состояние поверхности акватории; направление течения, град.; температура воды, °С; плотность воды, кг/м³; показатели испарения воды, %; показатели потерь стока на инфильтрацию, %.

Состояние поверхности акватории определяется по табл. 37.

Таблица 37

Типы возможных состояний поверхности акватории водного объекта

№ п/п	Значение параметра
1	Сплошной лед
2	Колотый крупный лед
3	Шуга
4	Колотый лед и шуга
5	Чистая водная поверхность

Геофизическими показателями каждой метеостанции и формируемые ей общими сведениями о метеорологической обстановке в районе наблюдения, являются: наименование (идентификационный номер) метеостанции; географические координаты расположения метеостанции (долгота и широта), град.; тип метеостанции; максимальные и минимальные значения температуры воздуха за зимний, весенний, летний и осенний периоды наблюдения, °С; максимальные и минимальные значения количества выпавших осадков за зимний, весенний, летний и осенний периоды наблюдения, мм; максимальные и минимальные значения скорости ветра за зимний, весенний, летний и осенний периоды наблюдения, м/с; максимальные и минимальные значения влажности воздуха за зимний, весенний, летний и осенний периоды наблюдения, %; максимальные и минимальные значения влажности почвы за зимний, весенний, летний и осенний периоды наблюдения, %; максимальные и минимальные значения интенсивности снеготаяния за зимний и весенний периоды наблюдения, мм/сут.; максимальные и минимальные значения глубины промерзания почвы к началу периода снеготаяния за

осенний, зимний и весенний периоды наблюдения, м; максимальные и минимальные значения высоты снежного (ледяного) покрова к началу снеготаяния за осенний, зимний и весенний периоды наблюдения, м; максимальные и минимальные значения запаса воды в снежном покрове за осенний, зимний и весенний периоды наблюдения, мм.

Тип метеостанции, определяется по табл. 38.

Таблица 38

Типы объектов, формирующие сведения о метеорологической обстановке

№ п/п	Значение параметра
1	Мобильный пункт мониторинга метеообстановки
2	Стационарный пункт мониторинга метеообстановки
3	Метеостанция
4	Прочие

Входными данными, формируемыми в каждом районе наблюдения, характеризующими метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения в течение суток, являются: дата и время наблюдения метеопараметров; наименование (идентификационный номер) метеостанции; температура воздуха, °С; атмосферное давление, мм рт. ст.; барическая тенденция, мм рт. ст.; относительная влажность воздуха, %; направление ветра, град.; скорость ветра, м/с; максимальные значения порывов ветра, м/с; облачность, %; атмосферная видимость, км; температура точки росы, °С; тип осадков; количество осадков, выпавших за предыдущую дневную или ночную половину суток в зависимости от наблюдаемой единицы времени, мм; минимальная температура почвы, °С; влажность почвы (грунта), %; состояние поверхности почвы; высота снежного покрова, см.

Тип осадков, определяется по табл. 39.

Таблица 39

Типы осадков

№ п/п	Значение параметра
1	Осадки отсутствуют
2	Морозящий дождь (изморось), снег с дождем
3	Легкий дождь
4	Умеренный дождь

5	Интенсивный дождь
6	Сильный дождь
7	Ливень
8	Снег
9	Прочее

Состояние поверхности почвы, определяется по табл. 40.

Таблица 40

Типы состояний поверхности почвы

№ п/п	Значение параметра
1	Снег отсутствует
2	Свежевыпавший снег
3	Слой сухого рассыпчатого снега частично покрывает поверхность почвы
4	Ровный слой сухого рассыпчатого снега покрывает поверхность почвы полностью
5	Плотный снег
6	Слежавшийся или мокрый снег (со льдом или без него), покрывающий всю поверхность почвы
7	Слежавшийся или мокрый снег (со льдом или без него), покрывающий по крайней мере половину поверхности почвы, но почва не покрыта полностью
8	Снег, насыщенный водой
9	Прочее

Входными данными, характеризующими метеорологическую обстановку за сутки, в каждом районе наблюдения на НТ, являются: дата и время формирования метеоданных; наименование (идентификационный номер) метеостанции; преобладающая температура воздуха ночью и днем, °С; максимальная температура воздуха ночью и днем, °С; количество осадков, мм.

Входными данными, характеризующими ландшафт местности и почву в пределах границ НП и участков водосбора наблюдаемой реки-пункта, являются: тип ландшафта местности; тип преобладающих почвогрунтов местности; преобладающий состав почвогрунтов местности.

4.2. Определение расчетных гидроморфологических параметров, характеризующих участки рек

В составе обучающего множества ПАМ-НВ наиболее значимыми показателями, характеризующими реку-пункт, являются ее расчетные гидроморфологические параметры в паводкоопасный период.

При определении расчетных гидроморфологических характеристик рек-пунктов применяются следующие приемы расчетов:

при наличии данных гидрометрических наблюдений — непосредственно по этим данным;

при недостаточности данных гидрометрических наблюдений — путем приведения их к многолетнему периоду по данным рек-аналогов с более длительными рядами наблюдений;

при отсутствии данных гидрометрических наблюдений и невозможности сопоставления с приведенными реками-аналогами — по расчетным формулам с применением карт, основанных на совокупности данных наблюдений всей сети ПМГО соответствующего района или более обширной территории.

При выборе рек-аналогов учитываются следующие условия:

возможная географическая близость расположения водосборов;
сходство климатических условий;

однородность условий формирования стока, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, по возможности близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и закарстованности, согласно рекам-аналогам;

площади водосборов должны отличаться не более, чем в 10 раз, а их средние высоты (для горных рек) — не более, чем на 300 м;

отсутствие факторов, существенно искажающих величину естественного речного стока (регулирование стока, сбросы, изъятие на орошение и другие нужды).

Методы определения расчетных характеристик максимального стока дождевых паводков подразделяют на следующие:

при наличии одной или нескольких рек-аналогов;

при отсутствии рек-аналогов.

Выбор рек-аналогов для расчета гидроморфологических параметров, характеризующих водную систему, проводится с соблюдением условий:

$$L/A^{0,56} \approx L_a/A_a^{0,56}, \quad (54)$$

$$JA^{0,5} \approx J_a A_a^{0,5}, \quad (55)$$

где:

L и L_a — длина наблюдаемой реки-пункта и реки-аналога соответственно, км;

J и J_a — уклон водной поверхности наблюдаемой реки-пункта и реки-аналога, ‰;

A и A_a — площади водосборов исследуемой реки-пункта и реки-аналога соответственно, км².

Площадь водосбора реки-пункта может быть определена по формуле:

$$A = 0,58L^{1,78}. \quad (56)$$

Средневзвешенный уклон водотока (водосбора) (\bar{i}_B , ‰) определяется по формуле:

$$\lg \bar{i}_B = \sum_{i=1}^n [(l_i / L) \lg I_i], \quad (57)$$

где:

I_i — частный средний уклон отдельных участков продольного профиля водотока (реки), ‰;

l_i — длина частных участков продольного профиля реки между точками перегиба, км, определяется как совокупность длин участков реки-пункта и участков ее разветвлений до истоков, относительно осевой линии русла;

L — гидрографическая длина водотока (реки) до пункта наблюдений — гидропункта (гидропоста), расположенного после контролируемого НП, км;

n — количество участков реки-пункта и участков ее разветвления до истоков относительно осевой линии русла.

Средний уклон водосбора (i_g , ‰) представляет собой условный выровненный уклон ломаного профиля, эквивалентный сумме частных средних уклонов профиля водотока в горизонталях и определяется по формуле:

$$i_B = \prod_1^n I_i^{l_i/L}. \quad (58)$$

Средняя высота водосбора (\overline{H}_B , м) над уровнем моря определяется по гипсографической кривой водосбора или по формуле:

$$\overline{H}_B = \left[\sum_{i=1}^n (H_{B,i} + H_{B,i+1})(\Delta A_i) \right] / 2A, \quad (59)$$

где:

$H_{B,i}, H_{B,i+1}$ — высота поверхности горизонтального сечения участка водосбора (горизонтали), м;

$\Delta A_i = F_{B,i}, F_{B,i+1}$ — площадь между двумя соседними горизонталями, км²;

n — количество участков водосбора реки-пункта до НТ.

Относительную лесистость общей площади водосбора (f_L , %) определяют отношением площади, занятой лесом, к общей площади водосбора (лес и кустарники на проходимых болотах в лесные угодья не включают):

$$f_L = A_L/A, \quad (60)$$

где A_L — площади территории, занятые лесом, расположенные на водосборе реки-пункта, км².

Относительную заболоченность общей площади водосбора (f_6 , %) определяют отношением площади, занятой болотистой местностью, к общей площади водосбора:

$$f_6 = A_6/A, \quad (61)$$

где A_6 — сумма площадей всей болотистой местности, расположенной на водосборе реки-пункта, км².

Относительную озерность общей площади водосбора ($f_{оз}$, %) определяют отношением суммы площадей всех озер, расположенных на водосборе, к общей площади водосбора:

$$f_{\text{оз}} = A_{\text{оз}}/A, \quad (62)$$

где $A_{\text{оз}}$ — сумма площадей всех озер, расположенных на водосборе реки-пункта, км².

Относительную закарстованность общей площади водосбора ($f_{\text{к}}$, %) определяют отношением закарстованной площади водосбора ко всей его площади:

$$f_{\text{к}} = A_{\text{к}}/A, \quad (63)$$

где $A_{\text{к}}$ — закарстованная площадь водосбора, км².

Средний уклон склонов водосбора ($i_{\text{ск}}$, ‰) определяется по картам (планам) в горизонталях, по формуле:

$$i_{\text{ск}} = (\Delta h \sum_{i=1}^n l_i) / A, \quad (64)$$

где:

Δh — общая разность высот сечения рельефа водосбора, м;

$\sum_{i=1}^n l_i$ — сумма длин измеренных горизонталей на i -ых участках в пределах водосбора, км;

n — количество участков реки-пункта и участков ее разветвления до истоков относительно осевой линии русла.

Густота речной сети водосбора ($\rho_{\text{р}}$, км/км²) определяется как отношение суммарной длины всех водотоков реки-пункта на водосборе к общей площади водосбора:

$$\rho_{\text{р}} = (\sum_{i=1}^n l_i) / A, \quad (65)$$

где l_i — длины водотоков (впадающих рек, каналов и т. д.) реки, км.

Густота русловой сети водосбора ($\rho_{\text{о}}$, км/км²) определяется как отношение суммарной длины речных долин, сухих русел, оврагов, балок и логов к общей площади водосбора:

$$\rho_0 = (\sum_{i=1}^n l_i^c) / A, \quad (66)$$

где l_i^c — длины речных долин, сухих русел, оврагов, балок и логов реки-пункта, км.

В случае пересечения водосбора реки-пункта несколькими изолиниями средневзвешенное значение стока вычисляют по формуле:

$$h_0 = (h_1 A_1 + h_2 A_2 + \dots + h_n A_n) / A, \quad (67)$$

где:

h_1, h_2, \dots, h_n — средние значения стока между соседними изолиниями, пересекающими водосбор;

A_1, A_2, \dots, A_n — соответствующие площади водосбора между изолиниями карты;

A — общая площадь водосбора до расчетного створа НТ.

Уклон поверхности реки-пункта ($i_p, \%$) определяется по формуле:

$$i_p = \frac{H_{\text{ир}} - H_{\text{ГП2}}}{L}, \quad (68)$$

где $H_{\text{ир}}, H_{\text{ГП2}}$ — геодезические высоты (над уровнем моря) истока реки и уровня воды в реке на ПМГО (гидропосту), расположенном за контролируемым НП, м.

Параметры — максимальный мгновенный расход воды в реке-пункте при расчетной вероятности превышения при дождевом паводке ($Q_{p\%}$), морфологическая характеристики русла (Φ_p) и склонов водосбора ($\Phi_{ск}$) реки-пункта, а также русловое время добега воды по главному водотоку (τ_p , ч) определяются по СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».

Порядок определения зон затопления территорий

Порядок определения зон затопления при наводнениях разработан на базе РД 03-607-03, РД 09-391-00 и предназначен для оценки гидродинамической обстановки участка местности, расположенного вдоль

реки-пункта, на территории которого расположен контролируемый НП, с высокой вероятностью его затопления в периоды дождевого паводка, заключенного между двумя ПМГО, обеспечивающими контроль гидрологической обстановки в НП и на КТ.

Расчет зон затопления территорий выполняется для каждой единицы наблюдения в МКП и МСП, с учетом параметров гидрологической обстановки, полученной с ПМГО, расположенного на НТ (КТ), перед контролируемым НП, на начало наблюдения.

Общий алгоритм формирования модели определения зон затопления территории предусматривает:

1. Выбор двух ПМГО, обеспечивающих мониторинг гидрологической обстановки на территории контролируемого НП.

2. Выбор НТ (КТ), расположенной вдоль участка реки-пункта, в зоне возможного затопления местности, в границах которой расположен контролируемый НП.

3. Разбиение НТ (КТ) на равные по длине отрезки вдоль течения реки — логи, поперечные сечения которых должны быть перпендикулярны условной кривой линии — оси русла реки, проведенной по середине между правым и левым берегом реки-пункта.

4. Определение исходных гидрологических параметров для первого лога участка НТ (КТ), на основе данных, представленных с вышерасположенного ПМГО, рис. 2:

типа и площади живого сечения начального створа 1-го лога;

абсолютных отметок характеризующих створ (A_{6i}^n, A_{6i}^n) () и дно ($A_{Дi}$) 1-того лога — наивысших и минимальной точек подъема и понижения рельефа местности, находящихся в условной плоскости, параллельной сечению створа реки, проходящей через отрезки $A_{61}^n, A_{Д1}$ и $A_{61}^n, A_{Д1}$;

глубины потока воды в начале створа 1-го лога (h_{01});

длины выбранного 1-того участка лога ($L_{л1}$);

скорости течения реки в начальном створе 1-того лога (u_1);

удельного расхода жидкости в начальном створе 1-того лога (Q_1)

и т. д.

При отсутствии гидрологических характеристик, таких как скорости течения реки (u_1) и удельного расхода жидкости (Q_1) в створе реки, проведение их перерасчета, согласно нижеприведенным зависимостям.

5. Проведение поэтапного расчета гидрологических характеристик, выходных параметров расчета, для каждого i -того лога анализируемого

участка местности, с учетом предварительного определения его основных гидрологических показателей, характеризующих начальных створ каждого последующего i -того лога (аналогично описанию подготовки исходных данных для начального створа i -того анализируемого участка местности).

6. Формирование выходных данных — результатов расчетов и их визуализация на картографической основе ГИС ПАМ-НВ (при необходимости).

7. Определение площадной характеристики зон затоплений НТ и территории контролируемого НП, в границах каждого i -того лога, с использованием топографических или электронных карт цифровой модели рельефа местности.

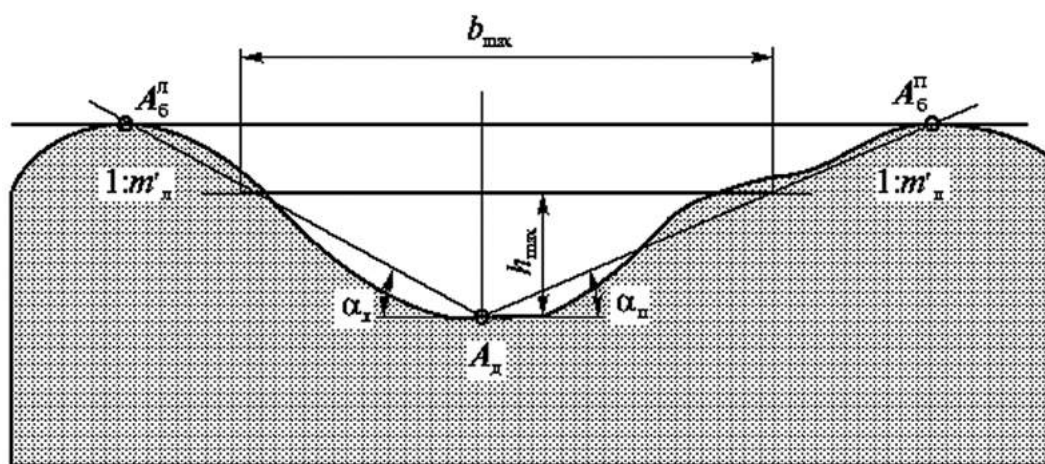


Рис. 2. Представление створа лога в поперечном сечении к условной оси реки

Для расчета i -того участка лога приняты следующие ограничения:

1. Русло реки-пункта, проходящее по НТ, расположенное между двумя гидростами, разбивается на i -тое количество участков — логов таким образом, чтобы соблюдались следующие условия:

рекомендуемая типовая длина расчетного участка — лога может изменяться в диапазоне значений от 300 до 10000 м. Расчетный участок местности разбивается на равные по длине лого;

перепад (угол наклона) русла реки на участке местности в границах одного лога не должен превышать 5° ;

перегиб русла реки в границах одного лога не должен превышать 15° ;

разность значений углов створов (разность значений углов возвышения левого ($\angle\alpha_{ли}$) и правого ($\angle\alpha_{пи}$) берега, относительно центра дна реки) на всей длине i -того лога не должна превышать 10° ;

количество логов разбиваемого участка местности для моделей ПАМ-НВ должно быть не изменяемо — рекомендуемое их количество от 5 до 10 ед.

2. Расчет зон затопления местности ведется последовательно по каждому i -тому логу, от вышерасположенного к нижерасположенному, по течению реки.

Для упрощения расчета i -того лога принимается:

1. Схематично, в поперечном сечении начального створа каждого лога, для определения абсолютных отметок, характеризующих начальный створ, задаются наивысшие точки подъема рельефа местности ($A_{\delta i}^n, A_{\delta i}^n$), расположенные на условной плоскости параллельной сечению створа.

2. Абсолютные отметки, характеризующие начальный створ являющиеся наивысшими точками подъема рельефа местности ($A_{\delta i}^n, A_{\delta i}^n$) в сечении i -того лога, рис. 2, которые должны быть представлены значениями их высот. На отрезках ломаных линий $A_{\delta 1}^n A_{\delta 1}^n$ и $A_{\delta 1}^n A_{\delta 1}^n$, от урезов берегов реки, в плоскости параллельной сечению начального створа i -того лога реки, сечение $A_{\delta 1}^n A_{\delta 1}^n A_{\delta 1}^n$, рис. 2, анализируются точки, условно расположенные на плоскости, на предмет постоянного повышения их высот, при этом допускается многократное их понижение, не более чем на 5 метров (отрицательный перепад высот между двумя соседними точками) до момента выявления наивысшей точки подъема на правом ($A_{\delta i}^n$) и левом ($A_{\delta i}^n$) берегу участка i -того лога. При этом длина полученного отрезка $A_{\delta i}^n A_{\delta i}^n$ не должна превышать длины участка лога ($L_{ли}$) — длины отрезка $A_{\delta i-1}^n A_{\delta i}^n$, рис. 2.

3. При расчетах принимается, что сечения (начальное и конечное) каждого i -того лога одного типа.

4. При отсутствии данных, характеризующих тип начального створа каждого i -того лога, они принимаются аналогичными начальному створу первого лога.

5. Движение потока жидкости в реке на анализируемом участке местности принимается постоянным и равномерным.

6. Жидкость растекается по местности, имеющей естественный уклон, соответствующий уклону i -того лога, в границах площади территории i -того лога и за его пределы не выходит.

7. Гидравлический прыжок, возникающий на переходе потока с участка с уклоном дна больше критического на участок, где уклон меньше критического, не рассматривается.

8. Удельный расход жидкости при одном и том же типе створа каждого i -того лога, принимается аналогичным начальному створу первого лога ($Q_1 = Q_i = \text{const}$).

9. При формировании прогноза, уровень подъема воды на ПМГО расположенном перед НП (h_{i-1}), в каждую прогнозируемую единицу наблюдения (за каждые 3 часа в МКП или 1 сутки в МСП) определяется как произведение суммы глубины в створе реки до нулевой отметки ($h_{\text{нг}}^{\text{гп}}$), текущего значения уровня подъема воды в реке на момент начала наблюдения ($h_{\text{н}}$), и произведения среднеарифметического значения (Δh_{cp} , м) подъема уровня воды в реке за предыдущие 12 часов (для МКП) и 3 суток (для МСП) соответственно, до начала периода наблюдения, на расчетное количество единиц наблюдения (n_j) в формируемом прогнозе (где: в МКП – $n_j = 1 - 8$; в МСП – $n_j = 1 - 10$) на момент формирования расчета:

$$h_{i-1} = h_{\text{нг}}^{\text{гп}} + h_{\text{н}} + \Delta h_{\text{cp}} n_i. \quad (69)$$

Допускается определять Δh_{cp} по формуле:

$$\Delta h_{\text{cp}} = \left(\frac{2 \left(Q_{\text{н}} + \frac{zF}{3,6} \right) h_{\text{н}}^{\frac{5}{3}}}{B_{\text{н}}^{\text{гп1}} \cdot V_{\text{н}}} \right)^{\frac{3}{8}} - h_{\text{н}}) / n_j, \quad (70)$$

где:

$V_{\text{н}}$ — скорость воды в реке на начало наблюдения, м/с;

$Q_{\text{н}}$ — расход воды в створе ПМГО перед НП на начало наблюдения, м³/с;

$B_{\text{н}}^{\text{гп1}}$ — ширина потока воды в верхней части поперечного сечения створа ПМГО на начало наблюдения, м;

$h_{\text{н}}$ — уровень воды в створе 1-го лога в начале наблюдения (прогноза), м;

z — интенсивность осадков (таяния снега), мм/ч, определяется по метеоданным за период 1 и 10 суток до периода наблюдения в МКП и МСП соответственно.

Интенсивность выпадения осадков (z) определяется по РД 52.08.730-2010:

$$z = \frac{E_{H-1}^{BC} - E_H^{BC} + X_c^{BC} + X_{ж}^{BC} - Y}{24}, \quad (71)$$

где:

E_{H-1}^{BC}, E_H^{BC} — начальные и конечные запасы снежном покрове (за сутки до начала наблюдения) на поверхности водосбора соответственно, мм/сут.;

$X_c^{BC}, X_{ж}^{BC}$ — количество выпавшего снега и жидких осадков за сутки до начала наблюдения, мм/сут.;

Y — потери снега на испарение за расчетный период, мм, $Y = 0,3$ мм/сут.;

n_j — количество единиц наблюдений в МКП ($n_j = 8$) и МСП ($n_j = 10$).

Входные данные для расчета i -того лога участка приведены в табл. 41.

Таблица 41

Входные данные для расчета i -того лога участка местности

Наименование входного параметра	Обозначение в методике	Единицы измерения
Длина i -того лога участка	$L_{ли}$	м
Абсолютная отметка на правом берегу (наивысшая точка – высота рельефа местности в точке) в сечении местности i -того лога	$A_{6i}^п$	м
Абсолютная отметка на левом берегу (наивысшая точка – высота рельефа местности в точке) в сечении местности i -того лога	$A_{6i}^л$	м
Ширина i -того лога (длина отрезка $A_{6i}^п A_{6i}^л$)	$B_{ли}$	
Условный центр дна (высота рельефа местности в точке) створа в конце i -того лога	$A_{Ди}^п$	м
Условный центр дна створа в начале i -того лога	$A_{Ди-1}^п$	м
Угол возвышения левого берега i -того лога (от 0 до 90°)	$\angle \alpha_{ли}$	°
Угол возвышения правого берега i -того лога	$\angle \alpha_{пи}$	°
Угол створа i -того лога	$\angle \varphi_i$	°

Наименование входного параметра	Обозначение в методике	Единицы измерения
Длина левого откоса i -того лога (от условного центра дна русла ($A_{д1}$) до наивысшей точки рельефа в плоскости сечения створа (длина отрезка $A_{\delta i}^n A_{д1}$) в начале i -того лога	$m_{ли}$	м
Длина правого откоса i -того лога (от условного центра дна русла ($A_{д1}$) до наивысшей точки рельефа в плоскости сечения створа (длина отрезка $A_{\delta 1}^n A_{д1}$) в начале i -того лога	$m_{пи}$	м
Коэффициент заложения левого откоса начала створа i -того лога	$1:m_{ли-1}$	—
Коэффициент заложения правого откоса начала створа i -того лога	$1:m_{пи-1}$	—
Коэффициент заложения левого откоса конца створа i -того лога	$1:m_{ли}$	—
Коэффициент заложения правого откоса конца створа i -того лога	$1:m_{пи}$	—
Глубина в створе в начале i -того лога	h_{i-1}	м
Уровень воды в створе i -того лога в начале наблюдения	$h_{н}$	м
Глубина в створе до отметки нуль графика (наблюдения) ПМГО перед НП	$h_{нг}^{гп}$	м
Ширина дна в створе в начале i -того лога	b_{i-1}	м
Ширина дна в створе в конце i -того лога	bi_1	м
Ширина потока воды в верхней части поперечного сечения створа в начале i -того лога	B_{i-1}	м
Ширина потока воды в верхней части поперечного сечения створа ПМГО на начало наблюдения	$B_{н}^{гп1}$	м
Расход потока в i -том логе	Q_i	м ³ /с
Скорость потока в i -том логе	u_i	м/с
Плотность воды потока при текущей температуре	$\rho_{ж}$	кг/м ³
Скорость воды в реке на начало наблюдения	$V_{н}$	м/с
Расход воды в створе ПМГО перед НП на начало наблюдения	$Q_{н}$	м ³ /с

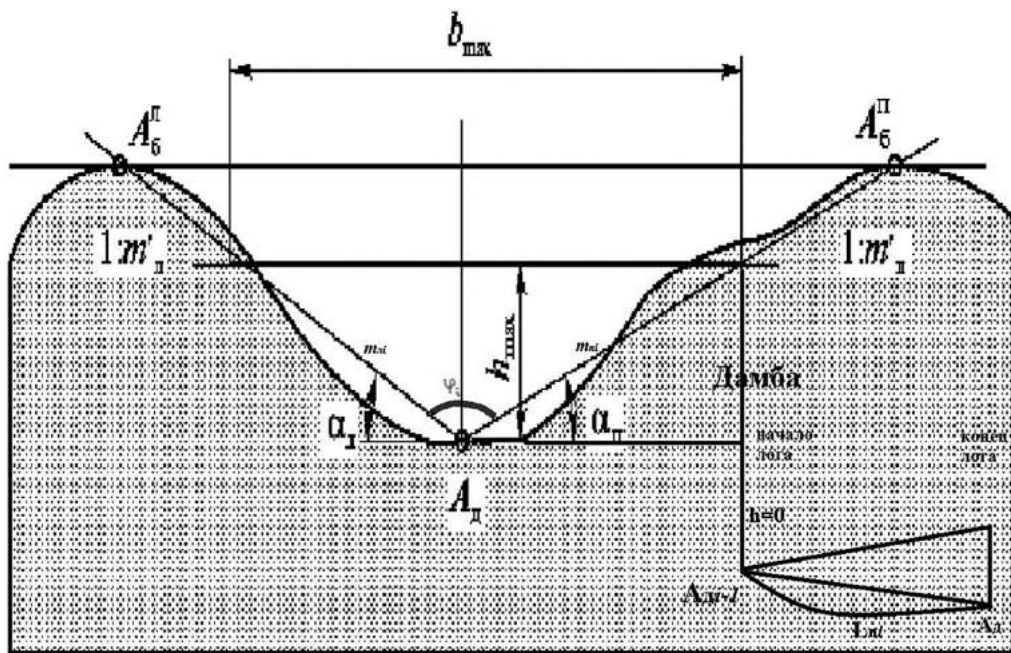


Рис. 3. Поперечное сечение лога участка реки-пункта

Выходные данные для расчета i -того лога участка местности приведены в табл. 42.

Таблица 42

Выходные данные для расчета i -того лога участка местности

Наименование входного параметра	Обозначение в методике	Единицы измерения
Уклон русла реки в границах i -того лога	$\angle i_i$	‰
Относительное расстояние i -того лога	X_i	—
Ширина потока воды в верхней части поперечного сечения створа в конце i -того лога	B_i	м
Глубина в створе в конце i -того лога	h_i	м
Скорость потока воды в i -том логе	u_i	м/с
Площадь сечения створа в начале i -того лога	ω_{i-1}	м ²
Площадь сечения створа в конце i -того лога	ω_i	м ²
Усредненная площадь сечения i -того лога	ω_{cpi}	м ²
Смоченный периметр потока в i -том логе	X_i	м
Гидравлический радиус в i -том логе	R_i	м

Наименование входного параметра	Обозначение в методике	Единицы измерения
Коэффициент Шези в i -том логе	C_i	$\text{м}^{0,5}/\text{с}$
Критический уклон русла реки в границах i -того лога	$\angle i_{\text{кpi}}$	‰
Критическая глубина потока в i -том логе	$h_i^{\text{кр}}$	м
Высота «подпора» течения в i -том логе	h_i^{H}	м
Длина кривой свободной поверхности потока лога	l_i	м
Тип кривой свободной поверхности потока	—	—
Потери напора между створами i -того лога	$h_{\text{тpi}}$	м
Площадь максимального затопления между створами i -того лога	S_i	м^2
Гидродинамическое давление на сооружения, расположенные в границах i -того лога	P_i	Па
Поперечное сечение, обеспечивающее отвод потока на участке i -того лога	S_{ki}	м^2

Для определения параметров потока по трассе растекания, анализируемая часть русла реки разбивается на одинаковые участки — логи реки-пункта.

Под логом реки-пункта понимается выделенный участок местности (типа овраг, долина) с пологими склонами и дном различной формы, в границах которого протекает река.

При отсутствии данных о расходе потока и скорости его течения в створе реки для естественного широкого неглубокого русла параметры могут быть определены по зависимостям:

$$u_i = C_i \sqrt{R_i \angle i_i}; \quad (72)$$

$$Q_i = \omega_i C_i \sqrt{R_i \angle i_i}, \quad (73)$$

где:

Q_i — расход потока в створе реки, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω_i — площадь живого сечения потока в створе реки, м ;

$\angle i_i$ — продольный уклон водной поверхности в реке, ‰ .

Расход потока (Q_i , м³/с) в створе реки трапецеидальной или прямоугольной формы при равномерном течении воды определяется по формуле:

$$Q_i = B_i C_i h_{0i}^{3/2} \angle i_i^{1/2}. \quad (74)$$

Так как $R_i \approx \omega_i \approx B_i h_{0i}$, то средняя скорость течения (u_i , м/с) в створе реки трапецеидальной или прямоугольной формы определяется по зависимости:

$$u_i = C_i \sqrt{h_{0i} \angle i_i}. \quad (75)$$

Расход потока и скорость его течения в створе реки для широкого параболического русла при равномерном течении воды

$$\left(\text{так как } R_i = \frac{2h_0}{3}, \omega_i = \frac{2B_i h_0}{3} \right)$$

определяются по формулам:

$$Q_i = 0,54 B_i C_i h_{0i}^{2/3} \angle i_i^{1/2}; \quad (76)$$

$$u_i = C_i \sqrt{\frac{2}{3} h_{0i} \angle i_i}. \quad (77)$$

Для естественных русел, поперечное сечение которых приближается к треугольной форме, (при относительно малой глубине (h_{0i}) по сравнению с шириной русла по верху (B_i), расход потока определяется по формуле:

$$Q_i = 0,354 C_i m_i h_{0i}^{5/2} \angle i_i^{1/2}. \quad (78)$$

На критической глубине $h_{кр}$ поток обладает минимальной энергией.

Уклон дна русла, при котором устанавливается критическая глубина, называется критическим $\angle i_{кр}$. Минимум энергии потока ($E_{кри}$) определяется уравнением:

$$E_{\text{кри}} = \frac{\omega_{\text{кри}}^3}{B_i^v} = \frac{\alpha Q_i^2}{g}, \quad (79)$$

где:

$\omega_{\text{кри}}^2$ — площадь живого сечения потока при критической глубине i -того лога реки, м²;

α — коэффициент Кориолиса, $\alpha = 1,0-1,1$;

B_i^v — ширина потока по верху створа i -того лога реки, м;

Q_i — расход в створе реки, м³/с;

g — ускорение силы тяжести, $g = 9,8$ м/с².

Критическая глубина³ ($h_{\text{кри}}$, м) i -того лога реки для трапецеидального и прямоугольного типа створа определяется по зависимости:

$$h_{\text{кри}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q_i^2}{g B_i^2}}. \quad (80)$$

Критическая глубина ($h_{\text{кри}}$) зависит только от геометрической формы поперечного сечения русла и расхода потока, при этом не зависит от уклона дна $\angle i_i$ и, кроме того, в призматическом русле $h_{\text{кри}} = \text{const}$ по всей его длине.

При равномерном движении жидкости нормальная глубина (h_{0i}) зависит от уклона $\angle i_i$, следовательно для любого призматического русла при заданном расходе потока (Q_i) можно подобрать такое значение $\angle i_i$, при котором нормальная глубина (h_{0i}) станет критической ($h_{\text{кри}}$). Уклон, при котором $h_{\text{кри}} = h_{0i}$, называется критическим уклоном $\angle i_{\text{кри}}$.

Критический ($\angle i_{\text{кри}}$) уклон — воображаемый уклон, который надо придать рассматриваемому призматическому руслу реки, чтобы при заданном расходе потока (Q_i) и при равномерном движении воды в русле нормальная глубина (h_{0i}) оказалась равной критической ($h_{0i} = h_{\text{кри}}$):

$$\begin{aligned} \angle i_{\text{кри}} &= \frac{Q_i^2}{\omega_{\text{кри}}^2 C_{\text{кри}}^2 R_{\text{кри}}^2} = \frac{g \chi_{\text{кри}}}{\alpha C_{\text{кри}}^2 b_{\text{кри}}^v}, \\ C_{\text{кри}} &= \frac{R_{\text{кри}}^{1/6}}{n_i}; \quad R_{\text{кри}} = \frac{\omega_{\text{кри}}}{\chi_{\text{кри}}}; \quad \omega_{\text{кри}} = (b_{\text{кри}}^v + m_i h_{\text{кри}}) h_{\text{кри}}, \\ \chi_{\text{кри}} &= b_{\text{кри}}^v + 2h_{\text{кри}} \sqrt{m_i^2 + 1}, \end{aligned} \quad (81)$$

где:

$b_{\text{кри}}^v$ — критическая ширина потока по верху;

$h_{\text{кр}}$ — критическая глубина потока, измеряется от дна русла створа по направлению к поверхности i -того лога реки, м;

m_i — коэффициент откоса;

n_i — коэффициент шероховатости поверхности участков русла реки.

Уклон дна ($\angle i_i$), может быть $\angle i_i > 0$, $\angle i_i = 0$, $\angle i_i < 0$, критический уклон всегда постоянен, для i -того лога реки — $\angle i_{\text{кри}} = \text{const}$.

Вытекающий из реки поток жидкости в зависимости от характера рельефа местности может быть ограничен боковыми склонами долины, либо растекание может происходить неестественным образом — происходит затопление в широкой долине или на участке плоской местности. Поток, вызванный повышением уровня воды в реке в процессе его растекания на местности ограничен боковыми склонами долины — левым (m_{li-1}) и правым (m_{ni-1}).

Створы логов, по всей длине трассы растекания в нижеприведенных расчетах представлены для треугольного сечения.

Для определения параметров скорости (u_i), глубины (h_i) и ширины (B_i) потока воды на поверхности вычисляется уклон i -того лога ($\angle i_i, \%$) по зависимости:

$$\angle i_i = \frac{A_{di-1} - A_{di}}{L_{ли}}. \quad (82)$$

Площади сечений створов (ω , м³) i -того лога определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \text{в начале лога: } \omega_{i-1} &= b_{i-1} h_{i-1}, \\ \text{в конце лога: } \omega_i &= b_i h_i. \end{aligned} \quad (83)$$

Смоченный периметр (X , м²) потока в i -том логе определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \text{в начале лога: } X_{i-1} &= B_{i-1} + 2h_{i-1}; \\ \text{в конце лога: } X_i &= B_i + 2h_i. \end{aligned} \quad (84)$$

Гидравлический радиус (R) в i -том логе определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \text{в начале лога: } R_{i-1} &= \frac{\omega_{i-1}}{X_{i-1}}; \\ \text{в конце лога: } R_i &= \frac{\omega_i}{X_i}. \end{aligned} \quad (85)$$

Коэффициенты Шези (C_i) для жидкости, проходящей через створы в i -том логе, определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \text{в начале лога: } C_{i-1} &= 40R_{i-1}^{1/6}; \\ \text{в конце лога: } C_i &= 40R_i^{1/6}. \end{aligned} \quad (86)$$

Относительное расстояние (\bar{X}_i , м) для i -того лога определяется по формуле:

$$\bar{X}_i = \frac{L_{ли} \sqrt{9,81h_{i-1}}}{B_{i-1} u_{i-1}}. \quad (87)$$

Ширина разлива потока (B_i , м) в конце i -того лога определяется по зависимости:

$$B_i = B_{i-1} \left(1 + 4,69 \bar{X}_i^{0,6} \right). \quad (88)$$

Глубина потока (h_i , м) в конце i -того лога определяется по зависимости:

$$h_i = h_{i-1} \left(1 - \frac{\bar{X}_i}{2,85 + \bar{X}_i} \right). \quad (89)$$

При уклоне $\angle i \leq 0,01$ (10‰) i -того лога (для плоского рельефа местности) скорости потоков в начале (u_{i-1}) и в конце (u_i , м/с) створов, определяются по зависимостям:

$$u_{i-1} = C_i \sqrt{0,5 h_i \angle i_i};$$

$$u_i = \frac{Q_i}{B_{i-1} h_{i-1}} \left(1 - \frac{\bar{X}_i}{3,32 + \bar{X}_i} \right), \quad (90)$$

где h_{i-1} — глубина до дна в начальном створе 1-го лога ($h_{i-1} = h_{0i}$). Значение h_{i-1} для начального створа i -того лога, принимается равным расчетному значению h_i в конце створа предыдущего лога.

При уклоне $\angle i_i > 0,01$ (10%) i -того лога скорости потоков в начале (u_{i-1}) и в конце (u_i , м/с) створов, определяются по зависимостям:

$$u_{i-1} = \frac{2Q_i}{h_{i-1}^2 \left(\operatorname{ctg} \left[\frac{\angle \alpha_{ли-1} + \angle \alpha_{ни-1}}{2} \right] \right)};$$

$$u_i = \frac{2Q_i}{h_i^2 \left(\operatorname{ctg} \left[\frac{\angle \alpha_{ли} + \angle \alpha_{ни}}{2} \right] \right)}. \quad (91)$$

Критическая глубина потока ($h_i^{\text{кр}}$, м) в i -том логе, определяется по зависимости:

$$h_i^{\text{кр}} = \sqrt[5]{\frac{0,224 Q_i^2}{\left(\operatorname{ctg} \left[\frac{\angle \alpha_{ли} + \angle \alpha_{ни}}{2} \right] \right)^2}}. \quad (92)$$

Высота «подпора» набегающего потока (h_i^{H} , м) (волны прорана — при катастрофическом затоплении) на конечном участке i -того лога, определяется по зависимости:

$$h_{0i} = h_i^{\text{H}} = \sqrt[5]{\frac{2Q_i}{\operatorname{ctg} \theta_i C_{ли} \sqrt{R_{ли}}}}; \operatorname{ctg} \theta_i = \operatorname{ctg} \left[\frac{\angle \alpha_{ли} + \angle \alpha_{ни}}{2} \right]. \quad (93)$$

В зависимости от соотношения расчетных глубин (h_i , $h_i^{\text{кр}}$, h_i^{H}) и уклона ($\angle i_i$) i -того лога, поток будет иметь кривую спада либо подпора.

Определение типа кривой свободной поверхности потока на участке i -того лога при прямом уклоне дна русла реки ($i_i > 0$)

1. При $\left\{ \begin{array}{l} \angle i_i < \angle i_{кр} \\ \text{и} \\ (h_0)h^H > h_{кр} \end{array} \right\}$ — соблюдение условий двумя типами параметров $\angle i$ и h .

Если уклон дна русла $\angle i_i$ меньше критического уклона $\angle i_{кр}$ ($\angle i_i < \angle i_{кр}$), т.е. глубина равномерного движения потока h_0 больше критической глубины $h_{кр}$ ($h_0 > h_{кр}$), то существуют три вида кривых свободной поверхности потока, рис. 4:

- в зоне a — выпуклая кривая подпора a_1 ;
- в зоне b — выпуклая кривая спада b_1 ;
- в зоне c — вогнутая кривая подпора c_1 .

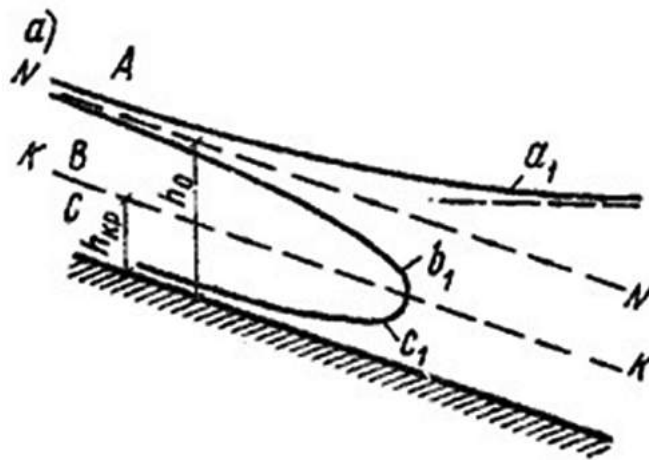
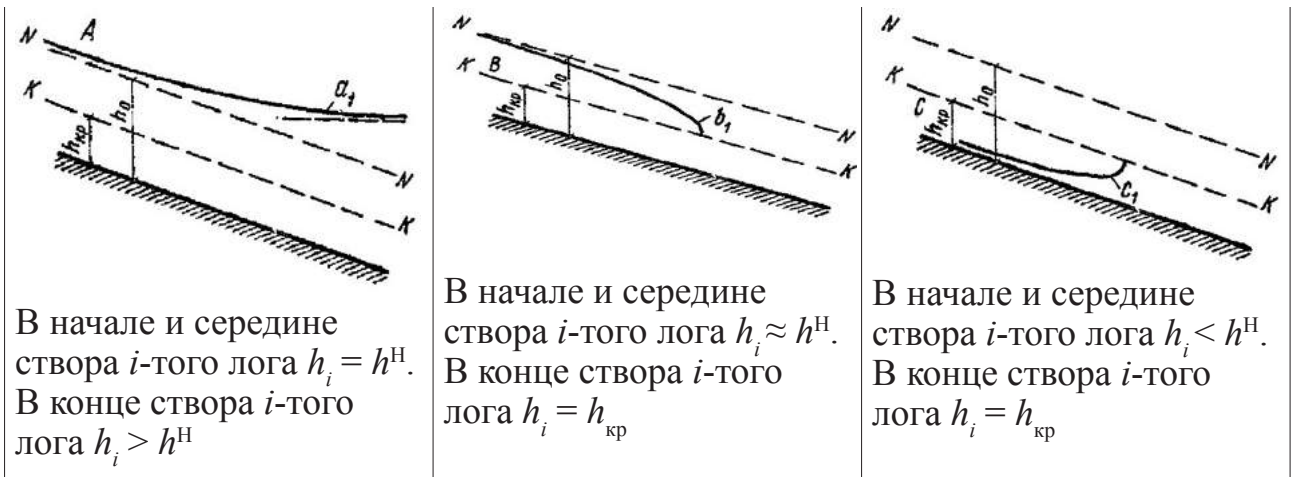


Рис. 4. Кривые свободной поверхности потока при $h_0 > h_{кр}$ — поток находится в спокойном состоянии

<p>Зона a При $h_i > h_0 (h^H) > h_{кр}$ <i>вогнутая кривая подпора a_1</i></p> <p>В верхней (начальной) части кривая линия асимптотически приближается к линии нормальных глубин (N), в нижней (конечной) части она асимптотически приближается к горизонтальной прямой.</p>	<p>Зона b При $h_i > h_0 (h^H) > h_i > h_{кр}$ <i>выпуклая кривая спада b_1</i></p> <p>В верхней (начальной) части кривая линия асимптотически приближается к линии нормальных глубин (N), в нижней (конечной) части она асимптотически приближается к линии критических глубин (K).</p>	<p>Зона c При $h_0 (h^H) > h_{кр} > h_i$ <i>вогнутая кривая подпора c_1</i></p> <p>В верхней (начальной) части кривая линия асимптотически приближается к дну русла реки, в нижней (конечной) части она асимптотически приближается к линии критических глубин (K) Ситуация встречается при истечении из-под затвора (при заторе или зажоре), при сопряжении с нижним бьефом падающей с водослива струн.</p>
--	---	--



2. При $\left\{ \begin{array}{l} \angle i_i > \angle i_{кр} \\ \text{и} \\ (h_0)h^H < h_{кр} \end{array} \right\}$ — соблюдение условий двумя типами параметров $\angle i$ и h .

Если уклон дна русла $\angle i_i$ больше критического уклона $\angle i_{кр}$ ($\angle i_i > \angle i_{кр}$), т.е. глубина равномерного движения потока h_0 меньше критической глубины $h_{кр}$ ($h_0 < h_{кр}$), то существуют три вида кривых свободной поверхности потока, рис. 5:

- в зоне a — выпуклая кривая подпора a_2 ;
- в зоне b — вогнутая кривая спада b_2 ;
- в зоне c — выпуклая кривая подпора c_2 .

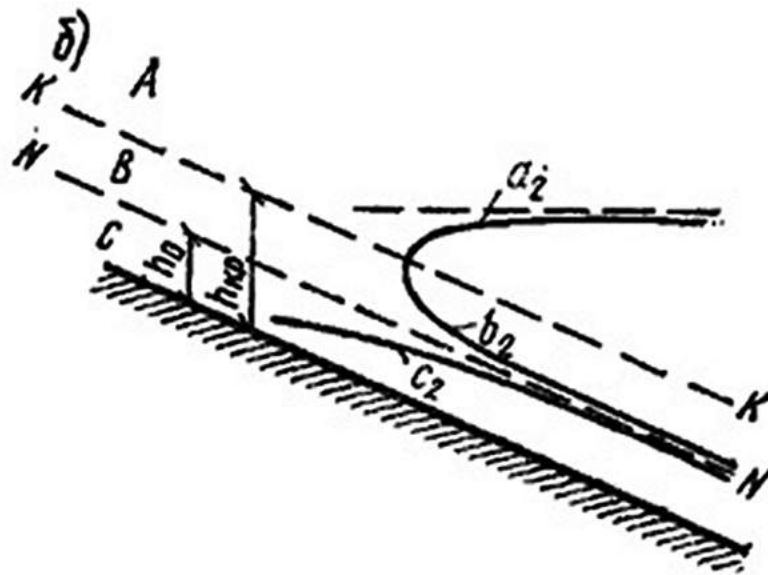
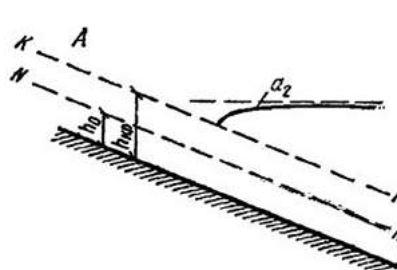
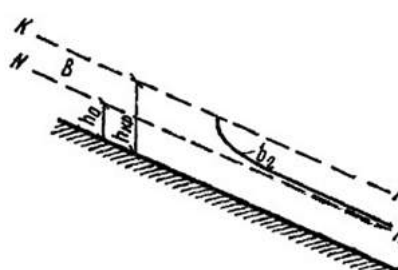
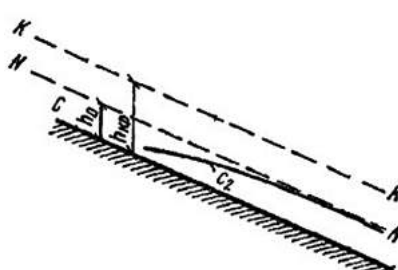


Рис. 5. Кривые свободной поверхности потока при $h_0 < h_{кр}$ — поток находится в бурном состоянии

<p>Зона а При $h_i > h_{кр} > h_0 (h^H)$ вогнутая кривая подпора a_2</p> <p>В верхней (начальной) части кривая линия соприкасается с линией критических глубин (K), в нижней (конечной) части она приближается к горизонтальной прямой. Кривая подпора встречается перед преградой в бурном потоке.</p>  <p>В начале и середине створа i-того лога $h_i = h_{кр}$. В конце створа i-того лога $h_i > h_{кр}$</p>	<p>Зона в При $h_{кр} > h_i > h_0 (h^H)$ выпуклая кривая спада b_2</p> <p>В верхней (начальной) части кривая линия соприкасается с линией критических глубин (K), в нижней (конечной) части кривая линия спада асимптотически приближается к линии нормальных глубин (N).</p>  <p>В начале и середине створа i-того лога $h_i = h_{кр}$. В конце створа i-того лога $h_i \geq h^H$</p>	<p>Зона с При $h_{кр} > h_0 (h^H) > h_i$ вогнутая кривая подпора c_2</p> <p>В верхней (начальной) части кривая линия значительно ниже линии нормальных глубин (N), в нижней (конечной) части линия асимптотически приближается к линии нормальных глубин (N).</p>  <p>В начале и середине створа i-того лога $h_i = h^H$. В конце створа i-того лога $h_i = h^H$</p>
--	--	--

3. При $\left\{ \begin{array}{l} \angle i_i = \angle i_{кр} \\ \text{и} \\ (h_0)h^H = h_{кр} \end{array} \right\}$ — соблюдение условий двумя типами параметров $\angle i$ и h .

Если уклон дна русла $\angle i_i$ равен значению критического уклона $\angle i_{кр}$ ($\angle i_i = \angle i_{кр}$), т.е. глубина равномерного движения потока h_0 равна критической глубине потока $h_{кр}$ ($h_0 = h_{кр}$), то существуют следующие виды кривой свободной поверхности, рис. 6:

в зоне a — кривая подпора a_3 ;

в зоне c — прямая подпора (или кривая подпора малой кривизны) c_3 .

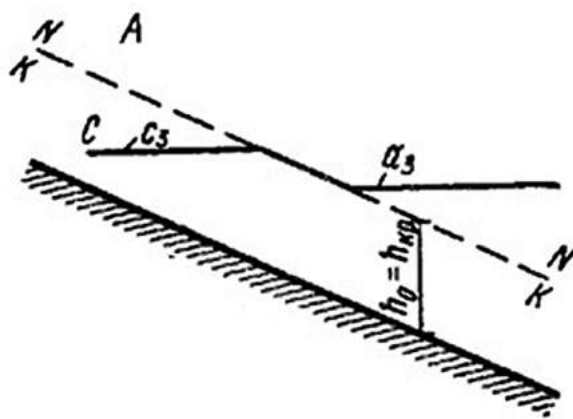
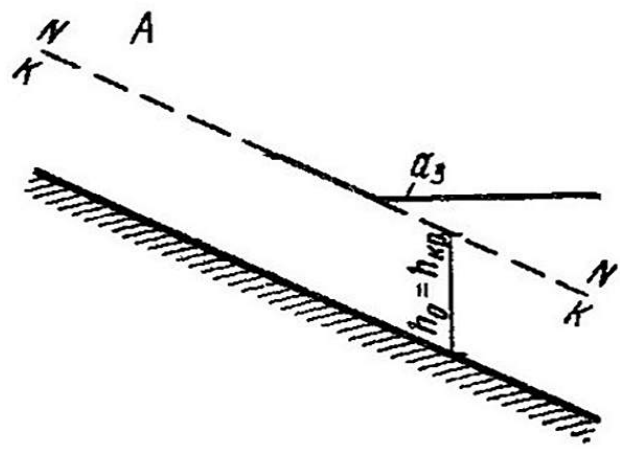
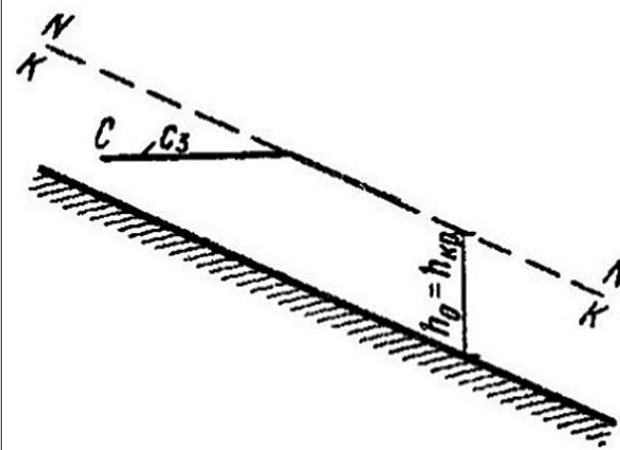


Рис. 6. Кривые свободной поверхности потока при $h_0 = h_{кр}$ — поток находится в спокойном состоянии

<p>Зона <i>a</i> При $h_i > h_{кр} = h_0$ (h^H) кривая подпора a_3</p> <p>В верхней (начальной) части кривая линия находится на линии нормальных и критических глубин ($N-K$), в нижней (конечной) части кривая она близка к горизонтальной прямой.</p>  <p>В начале и середине створа i-того лога $h_i = h_{кр} = h^H$. В конце створа i-того лога $h_i > h_{кр}$</p>	<p>Зона <i>c</i> При $h_i < h_0$ (h^H) = $h_{кр}$ кривая подпора c_3</p> <p>В верхней (начальной) части линия асимптотически приближается к линии нормальных глубин (N) в нижней (конечной) части линия находится на линиях нормальных и критических глубин ($N-K$).</p>  <p>В начале и середине створа i-того лога $h_i < h_{кр} = h^H$. В конце створа i-того лога $h_i = h_{кр}$</p>
--	--

Средняя скорость потока воды ($u_{\text{ср}i}$, м/с) i -того лога определяется по зависимости:

$$u_{\text{ср}i} = \frac{u_{i-1} + u_i}{2}. \quad (94)$$

Усредненное значение коэффициента Шези ($C_{\text{ср}i}$) i -того лога определяется по зависимости:

$$C_{\text{ср}i} = \frac{C_{i-1} + C_i}{2}. \quad (95)$$

Усредненное значение гидравлического радиуса ($R_{\text{ср}i}$, м) i -того лога определяется по зависимости:

$$R_{\text{ср}i} = \frac{R_{i-1} + R_i}{2}. \quad (96)$$

Усредненное значение живого сечения ($\omega_{\text{ср}i}$, м²) i -того лога определяется по зависимости:

$$\omega_{\text{ср}i} = \frac{\omega_i - \omega_{i-1}}{2}. \quad (97)$$

Потери напора ($h_{\text{тр}}$, м) между створами i -того лога определяются по зависимости:

$$h_{\text{тр}} = \frac{u_{\text{ср}i}^2 L_{\text{ли}}}{C_{\text{ср}i}^2 R_{\text{ср}i}}. \quad (98)$$

Исходя из уравнения Бернулли, определяется длина кривой свободной поверхности потока (l_i , м) i -того лога по формулам:

$$l_i = \frac{h_i - h_{i-1} - 0,056(u_{i-1}^2 - u_i^2)}{\angle i_i - \frac{u_{\text{ср}i}^2}{C_{\text{ср}i} R_{\text{ср}i}}}; \quad (99)$$

$$l_i = \frac{\left(h_i + \frac{Q_i^2}{2g\omega_i^2}\right) - \left(h_{i-1} + \frac{Q_i^2}{2g\omega_{i-1}^2}\right)}{\angle i_i - \frac{Q_i^2}{C_{\text{ср}i} \omega_{\text{ср}i}^2 R_{\text{ср}i}}}.$$

Если длина кривой свободной поверхности потока l_i меньше расстояния между створами $L_{\text{ли}}$ ($l_i < L_{\text{ли}}$), то h_i в конце и середине i -того участка лога достигнет значений h^H или $h_{\text{кр}i}$ (зоны $a, в, с$).

В противном случае, при ($l_i > L_{\text{ли}}$), глубина потока ($h_i^{\text{уточн}}$) в конце участка i -того лога должна быть уточнена по формуле:

$$h_i = h_i^{\text{уточн}} = h_{i-1} + \frac{h_{i-1}(h_i - h_{i-1})\angle i_i}{L_{\text{ли}}}. \quad (100)$$

Площадь максимального затопления территории между створами i -того лога ($S_i, \text{м}^2$) определяется по формуле:

$$S_i = \left(\frac{h_{i-1}(m_{\text{ли}i-1} + m_{\text{пи}i-1})\angle i_{i-1} + h_i(m_{\text{ли}i} + m_{\text{пи}i})\angle i_i}{2} \right) L_{\text{ли}}. \quad (101)$$

Площадь максимального затопления контролируемой территории ($S_{\text{зт}}, \text{м}^2$) между всеми створами i -тых логов определяется по формуле:

$$S_{\text{зт}} = \sum_1^i S_i. \quad (102)$$

Площадь контролируемой территории ($S_{\text{кт}}, \text{м}^2$), расположенной в границах между створами всех i -тых логов, определяется по формуле:

$$S_{\text{кт}} = \sum_1^i B_{\text{ли}} L_{\text{ли}}. \quad (103)$$

Гидродинамическое давление на сооружения, расположенные в i -том логе, определяется по зависимости:

$$P_i = \frac{2,7 \rho_{\text{ж}} u_{\text{ср}i}^2}{2}, \quad (104)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ — плотность воды при текущей ее температуре, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Поперечное сечение ($S_{ki}, \text{м}^2$), обеспечивающее отвод потока с i -того лога определяется по зависимости:

$$S_{ki} = \frac{Q_i}{u_{\text{ср}i}}. \quad (105)$$

Расчет по приведенным зависимостям повторяется для каждого последующего i -того лога.

По итогам расчетов всех логов графически формируется общая кривая свободной поверхности потока на всех i -тых участках лога в границах НТ (КТ) — зоны вероятного затопления местности, как совокупности кривых свободных поверхностей потоков определенных для нескольких участков (логов), характеризующихся соответствующими значениями глубин (h_1, h_2, h_3, h_4 и т. д.) в начальных, средних и конечных створах их логов, а также на основе сведений о типах кривых свободных поверхностей ($a_{1,2,3}; b_{1,2,3}; c_{1,2,3}$) и отношениях длин кривых свободных поверхностей потоков к длинам i -тых участков логов (l/L_{ji}).

Приведенный математический аппарат позволяет рассчитать гидродинамические параметры потока (в том числе ширину потока, направленного вдоль оси реки и площадь затопления) выбранного участка местности — НТ (КТ), разделенной на i -тое количество логов.

Полученные расчетные площади затопления НТ (КТ) необходимо уточнить согласно соответствующим гипотезам МСП и МКП и нанести на соответствующий план (карту), после чего определить границы зоны вероятного затопления контролируемого НП. С использованием топографических или электронных карт рельефа местности из территорий зон затоплений НТ (КТ) и НП, необходимо исключить участки местности, высота рельефа местности которых будет выше крайних точек (в урезах воды) в сечениях i -тых логов реки, в которых зафиксированы уровни подъема воды (h_{i-1} и h_i), при этом промежуточные значения уровней подъема воды в крайних точках береговых линий по длине каждого лога определяются методом интерполяции.

4.3. Выходные данные модели для прогнозирования наводнений вследствие паводков

Выходными данными ПАМ-НВ при краткосрочном прогнозировании являются:

1. Характеристика зон затопления местности при паводках, вызванных обильными осадками:

а) реализуемые с применением байесовского классификатора: отклонения фактического значения площади затопления местности при наводнении, в границах которого расположен НП, от ее расчетного значения в течение суток, через каждые 3 ч;

б) реализуемые с использованием аналитической обработки результатов вероятностной оценки и ГИС: прогнозируемые площади и полигоны затопления КТ и НП в течение суток, через каждые 3 ч;

в) исходные данные, используемые на каждом шаге прогнозирования.

2. Численность населения, попавшего в зону затопления. Характеристика структуры потерь и пострадавших среди населения в зоне затопления НП.

3. Численность биологических активов, попавших в зону затопления НП, и структура их вероятных потерь.

4. Количество и структура повреждений зданий и сооружений, попавших в зону затопления, по категориям: жилые дома (многоквартирные, частные); социально-значимые объекты (школы, больницы, детские сады и т. д.); объекты транспортной инфраструктуры; объекты экономики (производственные, радиационные; биологические и химические опасные объекты и др.).

Выходными данными ПАМ-НВ при среднесрочном прогнозировании паводков, вызванных обильными осадками, являются:

а) реализуемые с применением байесовского классификатора: отклонения фактического значения максимальной площади затопления местности при наводнении, в границах которого расположен НП, от ее расчетного значения, в течение 10 суток, через каждые сутки; результаты вероятностной оценки возможности возникновения НВ на территории, в границах которой расположен НП в течение 10 суток; результаты вероятностной оценки возможности образования катастрофического затопления территории, в границах которой расположен НП в течение 10 суток;

б) реализуемые с использованием аналитической обработки результатов вероятностной оценки и ГИС: прогнозируемые максимальные площади и полигоны затопления КТ и НП в течение 10 суток, через каждые сутки;

в) исходные расчетные данные, используемые при прогнозировании.

Глава 5.

Модель для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

Основными причинами, приводящими к аварийным отключениям теплоснабжения (ОТ) на распределительных электросетях, являются [51]: стихийные природные явления; физические (конструктивные), в том числе механические повреждения в результате строительных и ремонтных работ; действия (бездействия) обслуживающего персонала (человеческий фактор); технологические нарушения, в том числе функциональные отказы в работе оборудования тепловой сети и потребителей тепловой энергии.

5.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ОТ в отношении НТ служат следующие данные [52, 53]: характеристики систем теплоснабжения и потребителей; характеристики отказов систем теплоснабжения; характеристики пониженного (аварийного) теплоснабжения потребителей; параметры метеорологической обстановки.

Основным источником данных для подготовки характеристик систем теплоснабжения и потребителей являются схемы теплоснабжения, разрабатываемые согласно требованиям [54, 55].

В результате подготовки каждой расчетной схемы ТС должны быть определены следующие данные: общие параметры ТС; перечни участков ТС и их характеристики; перечни ЗРА и их характеристики; перечни потребителей и их характеристики; относительные часовые расходы теплоносителя у потребителей в послеаварийных режимах; перечни участков ТС и ЗРА, выход которых из строя не нарушает расчетный уровень теплоснабжения потребителей.

Данными, характеризующими основные параметры ТС на НТ, являются: условное наименование (код) ТС; расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °С; продолжительность отопительного периода, сут.; средняя температура отопительного периода, °С; вид ТС.

Значения параметра «Вид ТС» определяются согласно списку значений, приведенному в табл. 43.

Таблица 43

Вид ТС

№ п/п	Тип участка ТС
1	Тупиковая
2	Кольцевая

Данными, характеризующими участок ТС на НТ, являются: условное наименование (код) участка ТС; срок службы участка ТС, лет; географические координаты начала и окончания участка ТС, град.; условный диаметр труб на участке ТС, мм; толщина труб на участке ТС, мм; материал изготовления труб на участке ТС; способ прокладки труб на участке ТС; протяженность участка ТС, м.

Условный диаметр труб на участке ТС определяется по табл. 44.

Таблица 44

Условные диаметры трубопроводов ТС

№ п/п	Условный диаметр, мм
1	100
2	150
3	250
4	300
5	350
6	400
7	500
8	550
9	600
10	700
11	800
12	900
13	1000

№ п/п	Условный диаметр, мм
14	1100
15	1200
16	1400

Материал изготовления труб на участке ТС определяется по табл. 45.

Таблица 45

Материал изготовления труб на участке ТС

№ п/п	Материал изготовления труб на участке ТС
1	Металл
2	Пластик
3	Керамика
4	Композиционные материалы
5	Прочее

Способ прокладки труб на участке ТС определяется по табл. 46.

Таблица 46

Способы прокладки трубопроводов ТС

№ п/п	Способ прокладки трубопровода
1	Надземная
2	Канальная (непроходной канал)
3	Канальная (проходной канал)
4	Канальная (дюкер)
5	Безканальная

Данными, характеризующими ЗРА, являются: условное наименование (код) ЗРА; срок службы ЗРА, лет; географические координаты местоположения ЗРА, град.; условный диаметр, мм (см. табл. 44).

Данными, характеризующими потребителей тепловой энергии на НТ, являются: условное наименование (код) потребителя; категория потребителя; срок службы оборудования потребителя, лет; численность людей в зданиях потребителя, чел.; коэффициент тепловой аккумуляции, ч; расчетная температура воздуха внутри здания, °С.

Категория потребителя определяется по табл. 47.

Категории потребителей тепловой энергии

№ п/п	Категория потребителя тепловой энергии
1	Первая
2	Вторая
3	Третья

Данные, характеризующие относительные часовые расходы теплоносителя у потребителей в послеаварийных режимах подготавливается для каждой расчетной схемы ТС по форме, представленной в табл. 48.

Форма представления сведений об относительных часовых расходах теплоносителя у потребителей в послеаварийных режимах

Режим №	№ отказавшего участка/ЗРА ТС	№ потребителя									
	
1	Без аварий	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2
3
4
5
...
...

Характеристики отказов систем теплоснабжения включают следующие наборы данных: общие показатели отказов участка ТС (ЗРА); характеристика отдельного отказа участка ТС (ЗРА).

Данными, характеризующими отказы на участках ТС (ЗРА), являются: условное наименование (код) участка ТС (ЗРА); среднее количество повреждений на участке ТС (ЗРА) за год, ед./год; среднее количество повреждений на участке ТС (ЗРА) в отопительный период, ед./год; среднее количество повреждений на участке ТС (ЗРА) в период испытаний на плотность и прочность, ед./год; среднее время восстановления теплоснабжения после отказа участка ТС (ЗРА) в отопительный период, ч.

Данными, характеризующими отдельный отказ участка ТС (ЗРА), являются: дата и время возникновения отказа участка ТС (ЗРА); условное наименование (код) участка ТС (ЗРА); вид отказа; географические

координаты места отказа ТС (ЗРА), град.; время, затраченное на восстановление теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА), ч; способ восстановления теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА).

Вид отказа определяется по табл. 49.

Таблица 49

Вид отказа

№ п/п	Событие
1	Авария
2	Технологический отказ
3	Функциональный отказ

Способ восстановления теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА) определяется по табл. 50.

Таблица 50

Способ восстановления теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА)

№ п/п	Условный диаметр, мм
1	Полная замена
2	Другое

Данными, характеризующими пониженное (аварийное) теплоснабжение потребителя, являются: условное наименование (код) потребителя; дата регистрации пониженного (аварийного) теплоснабжения потребителя; условное наименование (код) участка ТС (ЗРА), в результате отказа которого наблюдается пониженное (аварийное) теплоснабжение потребителя; статус регистрации снижения температуры воздуха в зданиях потребителя ниже граничного значения до момента восстановления теплоснабжения в течение отопительного периода из-за отказа участка ТС (ЗРА); статус регистрации перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в зданиях потребителя первой категории ниже нормативных значений в течение отопительного периода из-за отказа участка ТС (ЗРА); статус регистрации превышения времени ликвидации аварий в системе ТС более 54 ч для потребителей второй категории до момента восстановления теплоснабжения в течение отопительного периода из-за отказа участка ТС (ЗРА).

К параметрам, характеризующим метеорологическую обстановку на НТ, относятся следующие наборы данных: входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку за сутки; входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку за месяц.

Входными данными, характеризующими метеорологическую обстановку за сутки на НТ, являются: дата формирования метеоданных; наименование (идентификационный номер) метеостанции; географические координаты расположения метеостанции, град.; преобладающая температура воздуха ночью, °С; преобладающая температура воздуха днем, °С; максимальная температура воздуха ночью, °С; максимальная температура воздуха днем, °С; количество осадков, мм.

Входными данными, характеризующими метеорологическую обстановку за месяц на НТ, являются: год и месяц формирования метеоданных; средняя многолетняя температура ночью, °С; средняя многолетняя температура днем, °С; средняя многолетняя сумма осадков, мм; среднее многолетнее число дней с осадками более 0,1 мм, сут.; аномалии средней месячной температуры воздуха, отклонение от нормы; месячная сумма осадков, в % от нормы.

Аномалии средней месячной температуры воздуха определяется по табл. 51.

Таблица 51

Список значений параметра «аномалия средней месячной температуры воздуха»

№ п/п	Значение
1	Ниже нормы
2	Около нормы
3	Выше нормы

Месячная сумма осадков определяется по табл. 52.

Таблица 52

Список значений параметра «месячная сумма осадков (% от нормы)»

№ п/п	Значение
1	Меньше нормы
2	Около нормы
3	Больше нормы

5.2. Прогнозирование последствий отключения теплоснабжения

Основные расчетные зависимости определения показателей надежности теплоснабжения потребителя, присоединенного к тепловой сети системы теплоснабжения, представлены в [56].

При наличии статистических данных расчет интенсивности отказов участка ТС (λ_i , 1/км/ч) осуществляется по формуле:

$$\lambda_i = \frac{n_{отки}}{8760 * L_i}, \quad (106)$$

где:

$n_{отки}$ — количество отказов на i -том участке ТС за предыдущий год, ед.;

L_i — протяженность i -того участка ТС, км.

При отсутствии статистических данных расчет интенсивности отказов участка ТС со сроком службы до 25 лет производится следующим образом:

$$\lambda_i = \lambda_{нач} (0,1 \tau_i^{эксп})^{a_i - 1}, \quad (107)$$

где:

$\lambda_{нач}$ — интенсивность отказов участка ТС, соответствующая начальному периоду эксплуатации, 1/км/год;

$\tau_i^{эксп}$ — продолжительность эксплуатации участка ТС, лет;

a_i — коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка ТС.

Коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка ТС (a_i), определяется по формуле:

$$a_i = \begin{cases} 0,8 & \text{— при } 0 < \tau_i^{эксп} \leq 3 \\ 1 & \text{— при } 3 < \tau_i^{эксп} \leq 17 \\ 0,5 \exp\left(\frac{\tau_i^{эксп}}{20}\right) & \text{— при } \tau_i^{эксп} > 17 \end{cases}. \quad (108)$$

При наличии статистических данных расчет интенсивности отказов i -той ЗРА ($\lambda_{\text{зра}i}$, 1/ч) осуществляется по формуле:

$$\lambda_{\text{зра}i} = \frac{n_{\text{откзра}i}}{8760}, \quad (109)$$

где $n_{\text{откзра}i}$ — количество отказов i -той ЗРА за предыдущий год, ед.

При отсутствии статистических данных интенсивность отказов ЗРА должна приниматься $\lambda_{\text{зра}} = 2,28 \cdot 10^{-7}$ 1/ч на единицу ЗРА (или 0,002 1/год).

Параметр потока отказов участка ТС (ω_i , 1/год) зависит от его протяженности следующим образом:

$$\omega_i = \lambda_i L_i, \quad (110)$$

где L_i — протяженность i -того участка ТС, км.

Среднее время до восстановления участка ТС (z_i^B , ч) определяется по формуле:

$$z_i^B = a \left[1 + (b + cL_{c3}) d_i^{1,2} \right], \quad (111)$$

где:

L_{c3} — расстояние между секционирующими задвижками (СЗ), км;

d_i — диаметр i -того участка ТС, м;

a, b, c — коэффициенты, полученные на основе численных значений времени восстановления теплопроводов в зависимости от их диаметров (см. табл. 53).

Таблица 53

Значения коэффициентов в формуле (111)

Коэффициент	a	b	c
Значение	2,91	20,89	-1,88

Расстояния между СЗ должны соответствовать требованиям СНиП 41–02–2003 [57] и принимаются следующие табличные значения (см. табл. 54).

Расстояния между СЗ в метрах и место их расположения

Диаметр теплопровода, м	Диаметр не изменяется		Диаметр изменяется	
	ответвлений нет	ответвления есть	ответвлений нет	ответвления есть
до 0,4	1000	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,4 до 0,6	1500	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 1500 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ не более 1000 м
от 0,6 до 0,9	3000	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 3000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м)	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м)
более 0,9	5000	Непосредственно за ответвлением, расстояние до ближайшей СЗ не более 5000 м	непосредственно за местом изменения диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)	непосредственно за ответвлением, на теплопроводе меньшего диаметра, расстояние до ближайшей СЗ в соответствии с меньшим диаметром (не более 1000 м, 1500 м, 3000 м)

Интенсивность восстановления i -того участка ТС (μ_i , 1/ч) зависит от времени восстановления следующим образом:

$$\mu_i = \frac{1}{z_i^B}, \quad (112)$$

где z_i^B — среднее время до восстановления i -того участка ТС, ч.

Тогда стационарная вероятность рабочего состояния ТС, состоящей из N элементов (p_0), определяется по формуле:

$$p_0 = 1 + \sum_{i=1}^N \frac{\omega_i}{\mu_i}. \quad (113)$$

Вероятность состояния ТС, соответствующая отказу f -того элемента (p_f), можно определить следующим образом:

$$p_f = \frac{\omega_i}{\mu_i} p_0. \quad (114)$$

По вычисленным значениям вероятностей состояний ТС определяются показатели надежности теплоснабжения потребителей, сопоставленным с количеством тепловой энергии, подаваемой в соответствующих состояниях каждому потребителю.

В случае, если ТС тупиковая (не имеет кольцевой части), то при выходе из строя одного из ее элементов полностью прекращается теплоснабжение потребителей, расположенных за этим элементом, при этом теплоснабжение остальных потребителей не нарушается.

В ТС, имеющих кольцевую часть, каждому состоянию сети с выходом из строя элемента кольцевой части должен соответствовать свой уровень подачи тепловой энергии потребителям, для определения которого производится моделирование отказов элементов и расчет соответствующих им послеаварийных гидравлических режимов. На основании результатов таких расчетов составляются матрицы относительных (по отношению к расчетному) расходов тепловой энергии в этих режимах у каждого из потребителей.

Коэффициент готовности к обеспечению расчетного теплоснабжения j -го потребителя (K_j) определяется по формуле:

$$K_j = p_0 + \sum_{f \in F_j} p_f, \quad (115)$$

где F_j — множество участков ТС, выход которых в аварию не нарушает расчетный уровень теплоснабжения j -го потребителя.

При $\bar{q}_{j,f} = 0$ (j -тый потребитель при аварии на f -том участке ТС (ЗРА) не получает тепловую энергию) температура наружного воздуха,

при которой время восстановления участка ТС (ЗРА) равно временному резерву потребителя ($t_{j,f}^{\text{пав}}$, °С) определяется по формуле:

$$t_{j,f}^{\text{пав}} = \frac{t_j^{\text{в.п.}} - t_{j,\text{min}}^{\text{в}} \exp\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_j}\right)}{1 - \exp\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_j}\right)}, \quad (116)$$

где:

$t_j^{\text{в.п.}}$ — расчетная температура внутри j -го отапливаемого здания, °С;

$t_{j,\text{min}}^{\text{в}}$ — минимально допустимая температура воздуха в здании j -го потребителя, °С;

β_j — коэффициент тепловой аккумуляции j -го отапливаемого здания, ч.

При $\bar{q}_{j,f} > 0$ (j -тый потребитель при аварии на f -том участке ТС (ЗРА) получает тепловую энергию) $t_{j,f}^{\text{пав}}$ определяется по формуле:

$$t_{j,f}^{\text{пав}} = \frac{t_j^{\text{в.п.}} - \bar{q}_{j,f} (t_j^{\text{в.п.}} - t^{\text{н.п.}}) - (t_{j,\text{min}}^{\text{в}} - \bar{q}_{j,f} (t_j^{\text{в.п.}} - t^{\text{н.п.}})) \exp\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_j}\right)}{1 - \exp\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_j}\right)}, \quad (117)$$

где:

$\bar{q}_{j,f}$ — относительный часовой расход теплоты для отопления j -го потребителя при отказе f -го участка ТС (ЗРА) при температуре наружного воздуха;

$t^{\text{н.в.}}$ — текущая фактическая температура наружного воздуха, °С;

$t^{\text{н.п.}}$ — расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, °С.

Относительный часовой расход тепловой энергии для отопления j -го потребителя при отказе f -го участка ТС (ЗРА) при температуре наружного воздуха определяется по формуле:

$$\bar{q}_{j,f} = \frac{q_{j,f}}{q_{j,f}^{\text{п}}}, \quad (118)$$

где:

$q_{j,f}$ — часовой расход тепловой энергии для отопления j -го потребителя при отказе f -го участка ТС (ЗРА) при температуре наружного воздуха $t^{н.в.}$, Гкал/ч;

$q_{j,f}^p$ — расчетная часовая нагрузка j -го потребителя при $t^{н.р.}$, Гкал/ч.

Численные значения коэффициентов тепловой аккумуляции зданий различных типов β_j , ч, должны основываться на данных теплоснабжающих организаций.

Численные значения расчетной температуры воздуха внутри отапливаемых помещений жилых, общественных и производственных зданий $t_j^{в.р.}$, °С, должны соответствовать требованиям СанПиН 2.1.2.2645-10.

Численные значения расчетной температуры воздуха внутри отапливаемых помещений жилых и общественных $t_{j, \min}^в$, °С, должны основываться на данных теплоснабжающих организаций.

Повторяемость температуры наружного воздуха $\tau_{j,f}^{пав}$ со значениями ниже $t_{j,f}^{пав}$ определяется следующим образом:

1. Если $t_{j,f}^{пав}$ оказывается равной или выше +8 °С (начало отопительного периода), это означает, что отказ f -того участка ТС (ЗРА) нарушает пониженный уровень теплоснабжения j -того потребителя при любой температуре наружного воздуха и в формуле (121) величина $\tau_{j,f}^{пав}$ должна приниматься равной продолжительности отопительного периода.

2. Если $t_{j,f}^{пав}$ оказывается равной $t^{н.р.}$, отказ f -того участка ТС (ЗРА) влияет на теплоснабжение j -того потребителя только при температурах ниже расчетных и $\tau_{j,f}^{пав}$ в формуле (121) должна приниматься равной $\tau^{хол}$ — повторяемости температуры наружного воздуха ниже.

3. Если $t_{j,f}^{пав} \leq t^{\min}$ (минимальная температура наружного воздуха), отказ f -того участка ТС (ЗРА) не влияет на теплоснабжение j -того потребителя и в формуле (121) $\tau_{j,f}^{пав}$ должна приниматься равной нулю.

4. Если $t^{\min} < t_{j,f}^{пав} < t^{н.р.}$, то $\tau_{j,f}^{пав}$ определяется по формуле:

$$\tau_{j,f}^{пав} = \frac{t^{н.р.} - t_{j,f}^{пав}}{t^{н.р.} - t^{\min}} \tau^{\min}. \quad (119)$$

5. Если $t^{н.р.} < t_{j,f}^{пав} < +8$ °С, то $0 < \tau_{j,f}^{пав} < \tau^{от}$ и значение $\tau_{j,f}^{пав}$ определяется по повторяемости температур наружного воздуха, используемого в графике продолжительности тепловой нагрузки, или по формуле:

$$\tau_{j,f}^{\text{рав}} = \tau^{\text{хол}} + \left(\tau^{\text{от}} - \tau^{\text{хол}} \right) \left(\frac{t_{j,f}^{\text{рав}} - t^{\text{н.п.}}}{8 - t^{\text{н.п.}}} \right)^{\frac{t^{\text{н.сп.}} - t^{\text{н.п.}}}{8 - t^{\text{н.сп.}}}}, \quad (120)$$

где:

$\tau^{\text{от}}$ — продолжительность отопительного периода, ч;

$t^{\text{н.сп.}}$ — средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С.

Тогда вероятность безотказного теплоснабжения j -го потребителя или вероятность обеспечения в течение отопительного периода температуры внутри отапливаемого помещения j -го потребителя не ниже минимально допустимого значения можно определить следующим образом:

$$P_j = e^{-\left[p_0 \cdot \sum_f (\omega_f \cdot \tau_{j,f}^{\text{рав}}) \right]}. \quad (121)$$

С помощью установления значений величин $t_{j,f}^{\text{рав}}$ и $\tau_{j,f}^{\text{рав}}$ выделяется доля отопительного периода, в течении которого выход в аварию f -го участка ТС (ЗРА) влияет на величину P_j (вероятности безотказного теплоснабжения j -го потребителя).

Температура воздуха в здании j -того потребителя в конце периода восстановления f -того участка ТС (ЗРА) ($t_{j,f}^{\text{в}}$ °С), определяется по формуле:

$$t_{j,f}^{\text{в}} = t^{\text{н.в.}} + \frac{t_j^{\text{в.п.}} - t^{\text{н.п.}} - \bar{q}_{j,f} (t_j^{\text{в.п.}} - t^{\text{н.п.}})}{\exp\left(\frac{z_f^{\text{в}}}{\beta_j}\right)} + \bar{q}_{j,f} (t_j^{\text{в.п.}} - t^{\text{н.п.}}). \quad (122)$$

В случае, если через время $z_i^{\text{в}}$ в результате расчетов по формуле (122) значение температуры превышает значение расчетной температуры внутри j -го отапливаемого здания потребителя ($t_{j,f}^{\text{в}} > t_j^{\text{в.п.}}$), то $t_{j,f}^{\text{в}}$ принимается равной $t_j^{\text{в.п.}}$.

В качестве текущей фактической температуры наружного воздуха $t^{\text{н.в.}}$ в формуле (122) используется среднее значение фактической температуры наружного воздуха в течение периода восстановления.

В модели краткосрочного прогнозирования вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы, оценивающие отклонение прогнозируемого времени до восстановления теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА) от его расчетного значения.

В модели среднесрочного прогнозирования вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы, приведенные в табл. 55.

Таблица 55

Перечень гипотез модели среднесрочного прогнозирования

Номер гипотезы	Содержание гипотезы
1	В течение отопительного периода были зафиксированы (будут зафиксированы) случаи снижения температуры воздуха в зданиях потребителей ниже граничного значения
2	В течение отопительного периода были зафиксированы (будут зафиксированы) случаи перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в зданиях потребителей первой категории ниже нормативных значений
3	В течение отопительного периода были зафиксированы (будут зафиксированы) случаи превышения времени ликвидации аварий в системе ТС более 54 ч для потребителей второй категории

В табл. 55 содержание каждой гипотезы в прошедшем времени используется на этапе обучения ПАМ-ОТ, а содержание гипотезы в будущем времени — при прогнозировании соответствующих событий на новых значениях наблюдаемых параметров.

По результатам вероятностной оценки для каждого потребителя определяется уровень угрозы (по наихудшему значению).

5.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

Выходными данными ПАМ-ОТ при краткосрочном прогнозировании являются:

а) реализуемые с применением байесовского классификатора: отклонение времени, затраченного на восстановление теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА) от расчетного значения;

б) реализуемые с использованием аналитической обработки результатов вероятностной оценки: прогнозируемое время, затрачиваемое на восстановление теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА); перечень потребителей с нарушенным теплоснабжением, включая сведения по их категориям и численности людей в зданиях потребителя; температура воздуха в зданиях каждого потребителя с нарушенным теплоснабжением в конце периода восстановления участка ТС (ЗРА); уровень угрозы для каждого потребителя с нарушенным теплоснабжением (в динамике, через каждые 3 часа с момента отказа на участке ТС (ЗРА) до момента восстановления теплоснабжения);

в) исходные данные, используемые на каждом шаге прогнозирования.

Выходными данными ПАМ-ОТ при среднесрочном прогнозировании являются:

а) реализуемые с применением байесовского классификатора: результаты вероятностной оценки возможности случаев снижения температуры воздуха в зданиях потребителей ниже граничного значения в течение отопительного периода (для каждого потребителя); результаты вероятностной оценки возможности случаев перерывов в подаче расчетного количества теплоты и снижения температуры воздуха в зданиях потребителей первой категории ниже нормативных значений в течение отопительного периода (для каждого потребителя первой категории); результаты вероятностной оценки возможности случаев превышения времени ликвидации аварий в системе ТС более 54 ч для потребителей второй категории в течение отопительного периода (для каждого потребителя второй категории);

б) реализуемые с использованием аналитической обработки результатов вероятностной оценки: перечень потребителей с прогнозируемым нарушенным теплоснабжением, включая сведения по их категориям и численности людей в зданиях потребителя; уровень угрозы для каждого потребителя;

в) исходные данные, используемые при прогнозировании.

Глава 6.

Модель для прогнозирования последствий отключения электроснабжения

Согласно [58] основными причинами массовых нарушений электроснабжения потребителей в Российской Федерации являются:

значительный износ оборудования электрических сетей (общий износ распределительных электрических сетей достиг 70%);

ненадлежащее техническое обслуживание объектов электросетевого хозяйства;

воздействие экстремальных погодных условий (ледяной дождь, сильные снегопады, аномально-низкие температуры и ветровые нагрузки).

6.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий отключения электроснабжения

Исходными данными ПАМ-ОЭ являются:

характеристики потребителей электрической энергии, расположенных на территории муниципального района (городского округа);

характеристика массовых повреждений электросетевых объектов.

Состав входных данных, характеризующих потребителей электрической энергии, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям, приведен в табл. 56.

Значения параметра «Категория потребителя» определяются согласно списку значений, приведенному в табл. 57.

Под прочими понимаются потребители электрической энергии, не попадающие под категории потребителей, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям.

Состав входных данных, характеризующих прочие потребители электрической энергии, приведен в табл. 58.

Таблица 56

Характеристика потребителей электрической энергии, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Условный номер (код) потребителя	-
2	Наименование потребителя	-
3	Географические координаты местоположения потребителя	-
4	Категория потребителя	-
5.	Наличие у потребителя автономного резервного источника питания	Бинарный {да, нет}
6	Расчетное время, при котором потребитель может функционировать при отключении основного электропитания	ч
7	Условный номер (код) ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя	-
8	Географические координаты места расположения ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя	-

Таблица 57

Категории потребителей электрической энергии, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям

№ п/п	Категория потребителя
1	Государственные органы (ФСБ России, МВД России, ФСО России, СВР России, Росгвардия, ГУСП)
2	Медицинские учреждения
3	Государственные учреждения ветеринарии
4	Организации связи (в отношении объектов сетей связи)
5	Организации, осуществляющие эксплуатацию объектов централизованного водоснабжения и (или) канализации населенных пунктов (в отношении этих объектов)
6	Угольные и горнорудные предприятия (в отношении объектов вентиляции, водоотлива и основных подъемных устройств)
7	Метрополитен (в отношении объектов, используемых для обеспечения перевозки пассажиров)
8	Воинские части (Минобороны России, МВД России, Росгвардии, ФСБ России, МЧС России, ФСО России, ГУСП)
9	Учреждения, исполняющие уголовные наказания, следственные изоляторы, образовательные организации, предприятия и органы уголовно-исполнительной системы

№ п/п	Категория потребителя
10	Федеральные ядерные центры и объекты, работающие с ядерным топливом и материалами
11	Организации, выполняющие государственный оборонный заказ с использованием объектов производства взрывчатых веществ и боеприпасов с непрерывным технологическим процессом (в отношении таких объектов)
12	Организации железнодорожного, водного и воздушного транспорта (в отношении объектов систем диспетчерского управления, блокировки, сигнализации и защиты железнодорожного, водного и воздушного транспорта)
13	Субъекты электроэнергетики (в отношении диспетчерских центров субъектов оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике и центров управления объектами электросетевого хозяйства)
14	Другие потребители

Таблица 58

Характеристика потребителя электрической энергии

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Условный номер (код) потребителя	-
2	Наименование потребителя	-
3	Географические координаты местоположения потребителя	-
4	Вид потребителя	-
5	Расчетное количество жителей (служащих, пациентов, учащихся и т. д.)	чел.
6	Наличие у потребителя автономного резервного источника питания	Бинарный {да, нет}
7	Расчетное время, при котором потребитель может функционировать при отключении основного электроснабжения	ч
8	Условный номер (код) ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя	-
9	Географические координаты места расположения ТП, от которой осуществляется электроснабжение потребителя	-

Значения параметра «Вид потребителя» определяются согласно списку значений, приведенному в табл. 59.

Вид потребителя

№ п/п	Вид потребителя
1	Жилой дом с электроплитами (кроме 1-8-квартирных домов)
2	Жилой дом 1-8-квартирный с электроплитами
3	Жилой дом свыше 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе
4	Жилой дом до 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе
5	Жилой дом на участке садоводческого товарищества
6	Общезитие общей вместимостью свыше 50 чел.
7.	Общезитие общей вместимостью до 50 чел.
8	Отдельно стоящий или встроенный центральный тепловой пункт (ЦТП), индивидуальный тепловой пункт (ИТП) многоквартирного жилого дома
9	Здание с количеством работающих свыше 2000 чел. независимо от этажности
10	Здание с количеством работающих свыше 50 чел., не являющееся зданием областного, городского и районного значения
11	Здание с количеством работающих до 50 чел., не являющееся зданием областного, городского и районного значения
12	Здание высотой более 16 этажей
13	Здание учреждений областного, городского и районного значения с количеством работающих свыше 50 чел.
14	Здание областного, городского и районного значения с количеством работающих до 50 чел.
15	Здание лечебно-профилактического учреждения с операционными или родильными блоками, отделениями анестезиологии, реанимации или интенсивной терапии, кабинетами лапароскопии, бронхоскопии или ангиографии
16	Здание лечебно-профилактического учреждения без операционных или родильных блоков, отделений анестезиологии, реанимации или интенсивной терапии, кабинетов лапароскопии, бронхоскопии или ангиографии
17	Учреждение финансирования, кредитования или государственного страхования
18	Библиотека или архив с фондом свыше 1000 тыс. ед. хранения
19	Библиотека или архив с фондом свыше 100 до 1000 тыс. ед. хранения
20	Библиотека или архив с фондом до 100 тыс. ед. хранения
21	Учреждение образования, воспитания или подготовки кадров
22	Предприятие торговли
23	Предприятие общественного питания
24	Салон-парикмахерская с количеством рабочих мест свыше 15
25	Салон-парикмахерская с количеством рабочих мест до 15

№ п/п	Вид потребителя
26	Ателье или комбинат бытового обслуживания с количеством рабочих мест свыше 50
27	Ателье или комбинат бытового обслуживания с количеством рабочих мест до 50
28	Прачечная или химчистка производительностью свыше 500 кг белья в смену
29	Прачечная или химчистка производительностью до 500 кг белья в смену
30	Баня с числом мест свыше 100
31	Баня с числом мест до 100
32	Гостиница
33	Дом отдыха
34	Пансионат
35	Туристическая база
36	Музей или выставка федерального значения
37	Музей или выставка республиканского, краевого или областного значения
38	Музей или выставка местного значения

Состав входных данных, характеризующих массовые повреждения электросетевых объектов, приведен в табл. 60.

Таблица 60

Характеристика прекращения передачи электрической энергии

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Время и дата массовых повреждений электросетевых объектов	-
2	Перечень условных номеров (кодов) отключенных ТП, осуществляющих электроснабжение потребителей	-

6.2. Определение индекса приоритета восстановления электроснабжения

При авариях на электросетях важное значение приобретает своевременное выявление потребителей, последствия прекращения передачи электрической энергии которым из-за повреждения объектов электросетевого хозяйства сетевых организаций или оборудования объектов по производству электрической энергии, несут наибольший ущерб жизнедеятельности населения.

С этой целью для каждого обесточенного потребителя электрической энергии определяется Индекс приоритета восстановления электроснабжения, который учитывает следующие факторы:

отнесение потребителя электрической энергии к потребителям, ограничение режима потребления электрической энергии которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям;

степень участия потребителя электрической энергии в обеспечении жизнедеятельности населения;

численность людей в зданиях потребителя электрической энергии;

расчетное время, при котором потребитель может функционировать при отключении основного электроснабжения при наличии у него независимого источника питания — автономного резервного источника питания;

время года и день недели, в которые произошло обесточение потребителей электрической энергии.

По сведениям, характеризующим массовое повреждение электросетевых объектов, а также характеристикам потребителей, определяются перечни обесточенных потребителей, в том числе:

потребителей, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям;

прочих потребителей.

В отношении потребителей, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям, а также потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1, согласно табл. 61, Индекс приоритета восстановления электроснабжения определяется в зависимости от наличия или отсутствия у них автономного резервного источника питания.

Коэффициенты важности потребителей

№ п/п	Вид потребителя	Коэффициент относительной важности потребителя			
		Осенне-зимний период		Весенне-летний период	
		Рабочее время	Нерабочее время	Рабочее время	Нерабочее время
1	Потребители, ограничение режима которых может привести к экономическим, экологическим или социальным последствиям	1	1	1	1
2	Отдельно стоящий или встроенный центральный тепловой пункт (ЦТП), индивидуальный тепловой пункт (ИТП) многоквартирного жилого дома	1	1	0,15	0,29
3	Здание лечебно-профилактического учреждения: - с операционными или родильными блоками, отделениями анестезиологии, реанимации или интенсивной терапии, кабинетами лапароскопии, бронхоскопии или ангиографии; - остальные здания	1	1	1	1
		0,22	0,42	0,22	0,42
4	Здание учреждений областного, городского и районного значения: - с количеством работающих свыше 50 чел.; - с количеством работающих до 50 чел.	0,76	0,78	0,77	0,79
		0,15	0,14	0,15	0,13
5	Музей или выставка: - федерального значения;	0,76	0,78	0,77	0,79
	- республиканского, краевого или областного значения;	0,15	0,14	0,15	0,13
	- местного значения	0,07	0,06	0,06	0,06
6	Здание с количеством работающих: - свыше 2000 чел. независимо от этажности;	0,76	0,2	0,77	0,2
	- свыше 50 чел., не являющееся зданием областного, городского и районного значения;	0,42	0,14	0,43	0,13
	- до 50 чел., не являющееся зданием областного, городского и районного значения	0,1	0,09	0,1	0,09

№ п/п	Вид потребителя	Коэффициент относительной важности потребителя			
		Осенне-зим- ний период		Весенне-лет- ний период	
		Рабо- чее время	Нера- бочее время	Рабо- чее время	Нера- бочее время
7	Здание высотой более 16 этажей	0,76	0,2	0,77	0,2
8	Библиотека или архив с фондом: - свыше 1000 тыс. ед. хранения; - свыше 100 до 1000 тыс. ед. хранения; - до 100 тыс. ед. хранения	0,57 0,15 0,07	0,29 0,14 0,06	0,58 0,15 0,06	0,29 0,13 0,06
9	Жилой дом: - с электроплитами (кроме 1-8-квартир- ных домов); - 1-8-квартирный с электроплитами; - свыше 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе; - до 5 этажей с плитами на газовом и твердом топливе; - на участке садоводческого товарище- ства	0,31 0,07 0,1 0,07 0,07	0,59 0,14 0,14 0,09 0,09	0,32 0,06 0,1 0,06 0,06	0,59 0,13 0,13 0,09 0,09
10	Общежитие: - общей вместимостью свыше 50 чел.; - общей вместимостью до 50 чел.	0,22 0,07	0,42 0,09	0,22 0,06	0,42 0,09
11	Учреждение финансирования, кредито- вания или государственного страхова- ния	0,57	0,29	0,58	0,29
12	Учреждение образования, воспитания или подготовки кадров: - с постоянным пребыванием людей; - остальные учреждения	0,57 0,57	0,59 0,09	0,58 0,58	0,59 0,09
13	Пансионат	0,22	0,42	0,22	0,42
14	Дом отдыха	0,22	0,42	0,22	0,42
15	Гостиница	0,22	0,42	0,22	0,42
16	Туристическая база	0,22	0,42	0,22	0,42
17	Предприятие торговли	0,15	0,29	0,15	0,29
18	Предприятие общественного питания	0,15	0,29	0,15	0,29
19	Салон-парикмахерская: - с количеством рабочих мест свыше 15; - с количеством рабочих мест до 15	0,1 0,07	0,09 0,06	0,1 0,06	0,09 0,06
20	Ателье или комбинат бытового обслу- живания: - с количеством рабочих мест свыше 50; - с количеством рабочих мест до 50	0,1 0,07	0,09 0,06	0,1 0,06	0,09 0,06

№ п/п	Вид потребителя	Коэффициент относительной важности потребителя			
		Осенне-зимний период		Весенне-летний период	
		Рабочее время	Нерабочее время	Рабочее время	Нерабочее время
21	Прачечная или химчистка: - производительностью свыше 500 кг белья в смену;	0,1	0,09	0,1	0,09
	- производительностью до 500 кг белья в смену	0,07	0,06	0,06	0,06
22	Баня: - с числом мест свыше 100;	0,1	0,09	0,1	0,09
	- с числом мест до 100	0,07	0,06	0,06	0,06

Для вышеуказанных потребителей, не имеющих автономные резервные источники питания, каждой обесточенной ТП, к которым они подключены, устанавливается значение Индекса приоритета восстановления электроснабжения — «Максимальный».

Для вышеуказанных потребителей, имеющих автономные резервные источники питания, Индекс приоритета восстановления электроснабжения для соответствующей обесточенной ТП, определяется по табл. 62 с момента обесточения потребителя на период 24 часа, с кратностью шага — 3 часа.

Таблица 62

Критерии определения Индекса приоритета восстановления электроснабжения потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1, имеющих автономный резервный источник питания

Значение индекса	Приоритет восстановления электроснабжения	Критерии определения индекса
1	Максимальный	$T_i^{ав} < 3$
2	Средний	$3 \leq T_i^{ав} < 15$
3	Минимальный	$T_i^{ав} \geq 15$

Примечание: $T_i^{ав}$ — расчетное время, при котором потребитель может функционировать при отключении основного электроснабжения, на i -ом шаге определения Индекса приоритета восстановления электроснабжения, ч.

В отношении прочих потребителей Индекс приоритета восстановления электроснабжения определяется в зависимости от следующих факторов:

количества потребителей, подключенных к каждой обесточенной ТП;
коэффициента относительной важности потребителей;

численности людей (проживающих, работников, пациентов, отдыхающих и т. д.) в зданиях потребителей.

Обобщенный индекс важности потребителей ($I_{эл}^B$), подключенных к j -ой обесточенной ТП, определяется по формуле:

$$I_j^B = 0,8 \sum_{i=1}^n K_i^B + 0,2 \sum_{i=1}^n K_i^N, \quad (123)$$

где:

K_i^B — коэффициент относительной важности i -ого потребителя, подключенного к j -ой обесточенной ТП;

K_i^N — коэффициент, учитывающий численность людей в зданиях i -ого потребителя, подключенного к j -ой обесточенной ТП;

0,8 и 0,2 — коэффициенты, учитывающие важность критериев K_i^B и K_i^N соответственно;

n — количество потребителей, подключенных к j -ой обесточенной ТП.

Коэффициент, учитывающий численность людей в зданиях i -ого потребителя (K_i^N), определяется по формуле:

$$K_i^N = \frac{N_i}{N_{\max}}, \quad (124)$$

где:

N_i — численность людей в зданиях i -ого потребителя, чел.;

N_{\max} — максимальная численность людей в зданиях среди всех обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности менее 1, чел.

Далее осуществляется ранжирование обесточенных ТП в порядке убывания значений обобщенного индекса важности и определяется

удельный вес значения обобщенного индекса важности j -ой обесточенной ТП ($SW_j, \%$) в общей сумме значений обобщенных индексов важности:

$$SW_j = 100 \frac{I_j^B}{\sum_{j=1}^m I_j^B}, \quad (125)$$

где m — количество обесточенных ТП.

Определяется доля удельного веса обобщенного индекса важности j -ой обесточенной ТП нарастающим итогом в общей сумме значений обобщенных индексов важности:

$$F_j = \begin{cases} SW_j, & \text{при } j = 1 \\ F_{j-1} + SW_j, & \text{при } 1 < j \leq m \end{cases} \quad (126)$$

В итоге определяется Индекс приоритета восстановления электро-снабжения j -ой ТП согласно табл. 63.

Таблица 63

Критерии определения индекса приоритета восстановления электроснабжения потребителей

Значение индекса	Приоритет восстановления электроснабжения	Критерии определения индекса
1	Максимальный	$F_j \leq 50$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1
2	Средний	$50,01 < F_j \leq 80$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1; $F_j \leq 50$, при наличии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1
3	Минимальный	$80,01 < F_j \leq 100$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1; $50,01 < F_j \leq 100$, при наличии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности равным 1

В ходе проведения аварийно-восстановительных работ по восстановлению электроснабжения Индекс приоритета восстановления электроснабжения подлежит пересчету каждые 3 часа с учетом уточненного перечня обесточенных потребителей.

Также обесточенными считаются потребители, имеющие резервные источники питания, и для которых расчетное время функционирования при отключении основного электроснабжения на i -ом шаге определения Индекса приоритета восстановления электроснабжения составляет менее 3 часов.

Глава 7.

Модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Ежегодно в России происходят десятки тысяч разливов нефти и нефтепродуктов, которые наносят колоссальный ущерб окружающей среде, экономике и населению. Нефтяные разливы приводят к нарушению естественных процессов и взаимосвязей, существенно изменяя условия обитания всех видов живых организмов и деформируя структуры биоценозов [63].

В общем случае процесс разработки прогнозно-аналитической модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов включает: сбор исходной информации и формирование базового обучающего множества; выбор байесовского классификатора, подготовка методов анализа и интерпретации результатов статистической обработки.

7.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Основными исходными данными модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов являются: входные данные, характеризующие основные параметры РНН; входные данные, характеризующие резервуары хранения НН; входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку; входные данные, характеризующие свойства хранимой НН; входные данные, характеризующие участок местности возможного РНН.

Состав входных данных, характеризующих основные параметры РНН, для различных типов приведен в табл. 64.

Таблица 64

Входные данные, характеризующие основные параметры РНН

№ п/п	Наименование параметра	Порядок обработки
1	Дата и время контролируемого события	год, месяц, число месяца, часы, минуты
2	Координаты источника РНН	Долгота Широта
3	Тип разлившейся НН	-
4	Время с момента разгерметизации резервуара НН	мин.
5	Удаление места РНН до ближайшего ВО	м
6	Начальная высота столба жидкости в резервуаре	м
7	Высота отверстия	м
8	Площадь отверстия	м ²
9	Продолжительность истечения НН	ч
10	Направление РНН на местности	град.
11	Радиус разлития НН на участке местности	м
12	Масса НН, вылившийся на участок местности	т
13	Площадь территории (участка местности), загрязненная НН	м ²
14	Статус регистрации факта загрязнения водного объекта	{да; нет}
15	Статус регистрации факта пожара при РНН	{да; нет}
16	Статус регистрации факта взрыва при РНН	{да; нет}

Состав входных данных, характеризующих резервуары хранения НН, приведен в табл. 65.

Таблица 65

Входные данные, характеризующие резервуары хранения НН

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Тип резервуара	-
2	Номинальная вместимость резервуара	м ³
3	Объем НН в резервуаре на момент РНН	м ³
4	Температура хранения НН в резервуаре	°С
5	Количество резервуаров в группе	ед.
6	Объем площадки обвалования	м
7	Площадь основания резервуара	м ²
8	Конструктивные особенности резервуара	-
9	Тип покрытия обвалования резервуара	-
10	Производительность приема-раздачи нефти (нефтепродукта)	-

Примечание: площадь основания резервуара приводится в составе входных данных исходя из возможных различных конструктивных форм резервуаров, в дальнейшем в методике используется рассчитанный на его базе параметр «приведенный радиус резервуара».

Состав входных данных, характеризующих техническое состояние объектов хранения НН приведен в табл. 66.

Таблица 66

Входные данные, характеризующие техническое состояние объектов хранения НН

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения	
1	Дата ввода в эксплуатацию резервуара	год	
2	Назначенный срок эксплуатации резервуара	лет	
3	Тип проводимого крайнего ремонта	-	
4	Дата проведения последнего ремонта	осмотрового	дд.мм.гггг
5		текущего	дд.мм.гггг
6		среднего	дд.мм.гггг
7		капитального	дд.мм.гггг
8	Назначенные межремонтные сроки по проведению ремонтов	осмотрового	лет
9		текущего	лет
10		среднего	лет
11		капитального	лет
12	Даты проведенных последних освидетельствований и диагностик	технического освидетельствования	дд.мм.гггг
13		частичной диагностики	дд.мм.гггг
14		полной диагностики	дд.мм.гггг
15	Назначенные регламентные сроки по проведению:	технического освидетельствования	лет
16		частичной диагностики	лет
17		полной диагностики	лет
18	Сведения, характеризующие общее техническое состояние резервуара (на момент освидетельствования)	-	
19	Систематичность проведения технических освидетельствований	-	
20	Скорость коррозии	мм/год	

Параметры метеорологической обстановки подготавливаются на базе объективных данных о метеорологическом режиме и климате на соответствующих территориях в течение действия наблюдаемых РНН, поступающих от метеорологических станций, постов и/или технических средств для определения и передачи данных о метеорологических

параметрах в режиме времени, близкому к реальному, и находящихся в радиусе не более 25 км от соответствующей территории (источники метеоданных).

При наличии на КТ более одного источника метеоданных, параметры метеорологической обстановки подготавливаются на базе данных, предоставляемых наименее удаленным источником от рассматриваемой территории.

Состав входных данных, характеризующих метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения в течение суток, приведен в табл. 67.

Таблица 67

Входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку в стандартный срок наблюдения в течение суток

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Наименование метеостанции	-
2	Координаты метеостанции	Долгота Широта
3	Дата и время наблюдения	-
4	Температура воздуха	°С
5	Атмосферное давление	мм.рт.ст.
6	Относительная влажность	%
7	Направление ветра	градус
8	Скорость ветра	м/с
9	Тип осадков	-
10	Количество выпавших осадков	мм
11	Атмосферная видимость	км
12	Температура поверхности грунта	°С

Состав входных данных, характеризующих метеорологическую обстановку за сутки, приведен в табл. 68.

Таблица 68

Входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку и прогноз с суточным шагом наблюдения

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата наблюдения	-
2	Наименование или код метеостанции	-
3	Географические координаты места расположения метеостанции	-
4	Преобладающая температура воздуха ночью	°С
5	Преобладающая температура воздуха днем	°С
6	Максимальная температура воздуха ночью	°С
7	Максимальная температура воздуха днем	°С
8	Тип осадков	-
9	Количество осадков	мм
10	Температура поверхности грунта	°С
11	Состояние поверхности почвы на участке местности	-
12	Высота снежного покрова	м

Состав входных данных, характеризующих свойства хранимой НН, приведен в табл. 69.

Таблица 69

Входные данные, характеризующие свойства хранимой НН

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Тип НН	-
2	Плотность НН	кг/м ³
3	Кинематическая вязкость НН	м ² /с

Состав входных данных, характеризующие участок местности возможного РНН, приведен в табл. 70.

Таблица 70

Входные данные, характеризующие участок местности возможного РНН

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Продольный уклон местности на участке РНН	градус
2	Тип грунта местности (за обвалованием)	-
3	Направление естественного уклона местности, относительно точки расположения резервуара	градус
4	Температура поверхности грунта	°С
5	Влажность грунта	%

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
6	Состояние поверхности почвы на участке местности	-
7	Статус наличия ВО на местности предполагаемого РНН	{да; нет}
8	Направление расположения ВО, относительно точки расположения резервуара	градус

7.2. Прогнозирование последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Основными прогнозными параметрами РНН являются: прогнозируемая площадь РНН через время, соответствующее шагу прогноза; прогнозируемая масса вылившейся НН через время, соответствующее шагу прогноза; прогнозирование загрязнения водного объекта, возникновения пожара, взрыва.

Прогнозируемая площадь РНН определяется использованием байесовского классификатора с учетом параметров: расчетная масса разлившейся НН; расчетная площадь, разлива НН.

Масса нефти, вылившаяся из резервуара (M_p , кг), определяется по формуле:

$$M_p(t) = G_{(t)} \cdot t - \frac{\rho_{\text{НН}}^{\text{xp}} \cdot g \mu^2 A_{\text{hol}}^2}{A_R} t^2, \quad (127)$$

где:

$G_{(t)}$ — массовый расход в момент времени, кг/с;

t — период времени истечения, с.

Массовый расход НН, проходящий через аварийное отверстие ($G_{(t)}$, кг/с) в времени t определяется по формуле:

$$G_{(t)} = G_0 - \frac{\rho_{\text{НН}}^{\text{xp}} \cdot g \cdot \mu^2 \cdot A_{\text{hol}}^2}{A_R} \cdot t, \quad (128)$$

где:

G_0 — массовый расход НН через аварийное отверстие в начальный момент времени, кг/с;

$\rho_{\text{нн}}^{\text{xp}}$ — плотность НН, при температуре хранения в резервуаре, кг/м³, определяется по табл. 71;

g — ускорение свободного падения, м/с², $g = 9,81$ м/с²;

μ — коэффициент истечения, $\mu = 0,61$;

A_{hol} — площадь аварийного отверстия, м²;

A_R — площадь основания резервуара, м².

Таблица 71

Плотность НН

№ п/п	Наименование НН	Плотность, кг/м ³
Нефть		
1	Ромашкинское	862
2	Туймазинское	852
3	Мухановское	840
4	Узеньское	860
5	Трехозерное	848
6	Тетерево-Мартымьинское	825
7	Правдинское	854
8	Салымское	826
9	Южно-Балыкское	868
10	Мамонтовское	878
11	Усть-Балыкское	874
12	Лянторское	887
13	Зап.-Сургутское	885
14	Холмогорское	860
15	Покачаевское	865
16	Мегионское	850
17	Советское	852
18	Самотлорское	851
19	Варьеганское	832
20	Первомайское	844
21	Ванкорское	901
22	Михайловское	874
23	Федоровское	856
24	Поточное	859
25	Приразломное	911
26	Петелинское	866
27	Приобское	775
28	Тевлинско-Русинское	851

№ п/п	Наименование НН	Плотность, кг/м ³
29	Западно-Угутское	8922
30	Кетовское	855
Нефтепродукты		
Масла моторные, автомобильные для карбюраторных двигателей (ГОСТ 10541-78)		
31	М-63/12-Г1	900
32	М-53/10-Г1	900
33	М-43/6-В1	880
34	М-8-В	905
35	М-63/10-В	890
Масла моторные для автотракторных дизелей (ГОСТ 8581-78)		
36	М-8В2, М-8Г2	905
37	М-8Г2К	905
38	М-10В2, М-10Г2	905
39	М-10Г2К	900
40	М-8ДМ	897
41	М-10ДМ	905
Масла моторные для дизельных двигателей (ГОСТ 12337-84)		
42	М-10В2С	900
43	М-14В2, М-14Г2	910
44	М-20В2Ф, М-20Г2	907
Масла трансмиссионные (ГОСТ 23652-79)		
45	ТСп-14, ТСп-15К	910
4	ТЭп-15	950
47	ТСп-10	915
48	ТСп-14, ТСп-14гип	910
49	ТАп-15В	930
50	ТАД-17п	907
Масла турбинные (ГОСТ 32-74, ГОСТ 9972-74)		
51	Т-22, Тп-22	900
52	Т-30, Тп-30	900
53	Т-46, Тп-46	905
54	Т-57	900
Топлива для реактивных двигателей ГОСТ 10227-86		
55	ТС-1	775
56	Т-1С	810
57	Т-1	800
58	Т-2	755

№ п/п	Наименование НН	Плотность, кг/м ³
Масла авиационные ГОСТ 21743-76		
60	МС-14	809
61	МС-20	897
Топливо нефтяное ГОСТ 10585-75		
62	Мазут флотский (Ф-5)	958
63	Мазут флотский (Ф-12)	960
64	Мазут топочный 40	965
65	Мазут топочный 100	1015
Масло моторное ТУ ВУ 300042199.027-2011		
66	SAE 5W-30	905
67	SAE 5W-40	905
68	SAE 10W-40	905
69	SAE 15W-40	905
Дизельное топливо ГОСТ 305-2013		
70	Дизельное топливо летнее (Л)	860
71	Дизельное топливо межсезонное (Е)	860
72	Дизельное топливо зимнее (З)	840
73	Дизельное топливо арктическое (А)	830
74	АИ92	760
75	АИ95	750
76	АИ98	780
Водомасляные жидкости		
Масла индустриальные (ГОСТ 20799-88)		
77	И-5А	870
78	И-8А	880
79	И-12А	880
80	И-12А1	880
81	И-20А	890
82	И-30А	890
83	И-40А	900
84	И-50А	910
Масла индустриальные (ТУ 0253-053-00151911-2008)		
85	ИГП-18	880
86	ИГП-30	885
87	ИГП-38	890
88	ИГП-49	895
89	ИГП-72	900

Массовый расход НН в начальный момент времени (G_0 , кг/с) следует определять по формуле:

$$G_0 = \mu \cdot \rho_{\text{нн}}^{\text{xp}} \cdot A_{\text{hol}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_0 - h_{\text{hol}})}, \quad (129)$$

где:

h_0 — начальная высота столба жидкости в резервуаре, м;

h_{hol} — высота расположения аварийного отверстия, м.

Начальная высота столба НН в резервуаре (h_0 , м) определяется по формуле:

$$h_0 = \frac{V_{\text{нн}}}{A_R}, \quad (130)$$

где d — диаметр резервуара, м, определяется по табл. 72.

Таблица 72

Характеристики цилиндрических резервуаров

№ п/п	Тип резервуара	Высота резервуара, м	Диаметр резервуара (d), м	Площадь сечения резервуара, м ²
1	PBC-1000	9	12	113
2	PBC-2000	12	15	177
3	PBC-3000	12	19	284
4	PBC-5000	12	23	415
5	PBC-5000	15	21	346
6	PBC-10000	12	34	908
7	PBC-10000	18	29	660
8	PBC-15000	12	40	1257
9	PBC-15000	18	34	908
10	PBC-20000	12	46	1662
11	PBC-20000	18	40	1257
12	PBC-30000	18	46	1662
13	PBC-50000	18	61	2922
14	PBC-100000	18	85,3	5715
15	PBC-120000	18	92,3	6691

Полное время истечения ($t_{\text{полн.}}$, с) НН через аварийное отверстие резервуара определяется по формуле:

$$t_{\text{полн.}} = \frac{2A_R(\sqrt{h_0} - \sqrt{h_{\text{hol}}})}{\mu A_{\text{hol}} \sqrt{2g}}. \quad (131)$$

Масса НН ($M_{\text{об}}$, кг), перелившаяся за пределы обвалования за период времени, определяется по формуле:

$$M_{\text{об}} = M_p(t) - V_{\text{обв}} \cdot \rho_{\text{НН}}^{\text{xp}}, \quad (132)$$

где $V_{\text{обв}}$ — объем площадки обвалования, м³.

Радиус разлития (пятна) НН на подстилающей поверхности при разгерметизации определяется по формуле:

$$L_\rho = 0,46 \sqrt[3]{\frac{G_\tau \tau}{\rho_{\text{НН}}^\Gamma}} \cdot \left[\left(\frac{g \frac{G_\tau \tau}{\rho_{\text{НН}}^\Gamma}}{\nu^2} \right)^{0,08} \cdot \left(\frac{g \tau^2}{\sqrt[3]{\frac{G_\tau \tau}{\rho_{\text{НН}}^\Gamma}}} \right)^{0,06} \right], \quad (133)$$

где:

L_ρ — радиус разлития (пятна) НН, представленного в виде приведенного круга, м;

$G_{(t)}$ — массовый расход жидкости через поврежденное отверстие по состоянию на момент времени t после разгерметизации резервуара, кг/с;

τ — продолжительность истечения, (принимается равным шагу прогнозирования), с;

g — ускорение свободного падения, принимается равным 9,81 м/с²;

ν — кинематическая вязкость жидкости, при температуре грунта за пределами обвалования м²/с;

m и n — показатели степени, учитывающие условия растекания нефти ($m = 0,08$, $n = 0,06$);

$\rho_{\text{НН}}^\Gamma$ — плотность НН при температуре грунта за пределами обвалования, кг/м³.

Определение площади РНН при разгерметизации резервуара, расположенного на НТ

а) При уклоне местности до 1% площадь РНН при разгерметизации резервуара, расположенного на НТ, определяется по формуле:

$$S_{\text{пр}} = \pi \cdot L_p^2. \quad (134)$$

б) При уклоне от 1 до 3% площадь РНН при разгерметизации резервуара, расположенного на НТ, определяется площадью эллипса по формулам:

$$b_{\text{зр}} = \sqrt{\frac{K_{\text{ук}} \cdot S_{\text{РНН}}}{\pi}}; \quad (135)$$

$$a_{\text{зр}} = \frac{4 \cdot S_{\text{РНН}}}{\pi \cdot b_{\text{зр}}}, \quad (136)$$

где:

$b_{\text{зр}}$ — большая полуось эллипса;

$a_{\text{зр}}$ — малая полуось эллипса;

$K_{\text{ук}}$ — коэффициент, характеризующий уклон местности, принимается равным 8.

в) При уклоне более 3% площадь РНН при разгерметизации резервуара, расположенного на НТ, определяется по формулам (135) и (136), при этом коэффициент, характеризующий уклон местности, принимается равным $K_{\text{ук}} = 16$.

Определение плотности НН при заданной температуре

Плотность НН при заданной температуре ($\rho_{\text{НН}}^T$, кг/м³) грунта за обвалованием определяется по формуле Д. И. Менделеева:

$$\rho_{\text{НН}}^T = \rho_{20} / (1 + \beta_p \cdot (T_{\text{гр}} - 20)), \quad (137)$$

где:

ρ_{20} — плотность НН при 20 °С, кг/м³;

$T_{\text{гр}}$ — температура поверхности грунта за обвалованием резервуара, °С;

β — коэффициент объемного расширения, принимаемый в зависимости от плотности НН при температуре 20 °С, 1/°С, определяется по табл. 73.

Таблица 73

Коэффициенты объемного расширения НН (β_p) при заданной плотности НН

ρ , кг/м ³	β_p , 1/°С	ρ , кг/м ³	β_p , 1/°С
690,0–699,9	0,00130	850,0–859,9	0,00081
700,0–709,9	0,00126	860,0–869,9	0,00079
710,0–719,9	0,00123	870,0–879,9	0,00076
720,0–729,9	0,00119	880,0–889,9	0,00074
730,0–739,9	0,00116	890,0–899,9	0,00072
740,0–749,9	0,00113	900,0–909,9	0,00070
750,0–759,9	0,00109	910,0–919,9	0,00067
760,0–769,9	0,00106	920,0–929,9	0,00065
770,0–779,9	0,00103	930,0–939,9	0,00063
780,0–789,9	0,00100	940,0–949,9	0,00061
790,0–799,9	0,00097	950,0–959,9	0,00059
800,0–809,9	0,00094	960,0–969,9	0,00057
810,0–819,9	0,00092	970,0–979,9	0,00055
820,0–829,9	0,00089	980,0–989,9	0,00053
830,0–839,9	0,00086	990,0–999,9	0,00052
840,0–849,9	0,00084	—	—

Определение вязкости НН при заданной температуре

Кинематическая вязкость НН ($\nu_{\text{НН}}^T$ м²/с) при заданной температуре грунта за обвалованием резервуара $T_{\text{гр}}$, определяется по формуле Рейнольдса-Филонова:

$$\nu_{\text{НН}}^T = \nu_{\text{хр}} \cdot e^{-u \cdot (T_{\text{гр}} - T_{\text{хр}})}, \quad (138)$$

где:

$\nu_{\text{хр}}$ — кинематическая вязкость при температуре хранения НН в резервуаре $T_{\text{хр}}$, м²/с;

u — показатель крутизны вискограммы, 1/К.

Показатель крутизны вискограммы (u , $1/K$) определяется по формуле:

$$U = 1 / (T_{гр} - T_{хр}) \cdot \ln \frac{V_{хр}}{V_{Т}}, \quad (139)$$

где $T_{хр}$ — температура хранения НН в резервуаре на момент РНН, К.

7.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Выходными данными ПАМ–РН при среднесрочном прогнозировании являются результаты вероятностной оценки возможности РНН из резервуаров хранения НН в течение периода прогнозирования (10 суток).

Выходными данными ПАМ-РН при краткосрочном прогнозировании являются [66]:

а) данные, реализуемые с применением байесовского классификатора: отклонение фактического значения массы вылившейся НН на участок территории в результате РНН от ее расчетного значения в течение суток через каждые 3 ч; отклонение фактического значения площади загрязненной территории в результате РНН от ее расчетного значения в течение суток через каждые 3 ч; вероятностная оценка возникновения техногенных угроз в результате РНН; вероятностная оценка загрязнения водного объекта в результате РНН;

б) исходные данные, используемые на каждом шаге прогнозирования.

Глава 8.

Модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

Согласно многочисленным данным, содержание загрязняющих веществ, превышающее предельно-допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения, периодически отмечаются во многих водных объектах Российской Федерации. Опасные химические соединения являются одними из основных загрязнителей водных объектов. В зависимости от химических свойств такие загрязнения подразделяются на различные категории. Например, на предприятиях нефтехимической и химической промышленности вода используется как растворитель, при этом образуются, как правило, специфические сточные воды. Целлюлозно-бумажные комбинаты, предприятия легкой и пищевой промышленности используют воду в качестве рабочей среды. Среди загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты с промышленных предприятий наиболее заметный вред, наносят углеводороды.

Мониторинг экологической обстановки на водных объектах Российской Федерации имеет высокую актуальность, обеспечивает раннее выявление процессов сброса жидких технологических отходов и опасностей, вызванных этими процессами, оперативное информирование соответствующих служб, заинтересованных в том числе в эффективном прогнозировании развития таких событий, указанная задача должна решаться в том числе с помощью ПАМ-СО.

Поэтому разработка методики прогнозной и аналитической модели «Сброс жидких технологических отходов в гидросферу» является важной научно-практической задачей по формированию долгосрочного прогноза угрозы, как совокупности явлений сброса жидких технологических отходов в гидросферу [68].

В основе методики ПАМ-СО заложены теоретические подходы в области анализа статистических данных, основанные на байесовской методе интерпретации вероятности, когда вероятность отражает степень доверия к вероятному событию, которая может измениться, когда новая информация о наступающем событии будет сформирована.

8.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-СО являются следующие группы параметров:

параметры систем (постов) мониторинга сбросов ЖТО, расположенных в непосредственной близости от источников сбросов ЖТО промышленных объектов;

параметры систем (постов) мониторинга сбросов ЖТО, расположенных на НТ;

характеристики источников сброса ЖТО;

характеристики участков ВО в пределах от источников сбросов ЖТО до объектов водозаборов;

характеристики гидрологической обстановки.

Входные данные, характеризующие параметры системы (поста) мониторинга сброса ЖТО, расположенного в непосредственной близости от выпуска в ВО промышленного объекта, на котором имеются источники сбросов ЖТО, приведены в табл. 74.

Таблица 74

Входные данные, характеризующие параметры системы (поста) мониторинга сброса ЖТО, расположенного в непосредственной близости от выпуска в ВО промышленного объекта, на котором имеются источники сбросов ЖТО

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата и время наблюдения сброса ЖТО	-
2	Широта точки регистрации сброса ЖТО	градус
3	Долгота точки регистрации сброса ЖТО	градус
4	Расстояние от системы (поста) мониторинга сброса ЖТО до источника сброса ЖТО	м
5	Наименование вещества, входящего в состав ЖТО	-
6	Концентрация вещества, входящего в состав ЖТО, полученная из системы (поста) мониторинга сброса ЖТО, по состоянию за 3 часа до даты и времени наблюдения	мг/дм ³

Состав входных данных, характеризующих параметры систем (постов) мониторинга сброса ЖТО, расположенных на НТ приведен в табл. 75.

Таблица 75

Входные данные, характеризующие параметры систем (постов) мониторинга сброса ЖТО, расположенных на НТ

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата и время наблюдения сброса ЖТО	-
2	Широта точки регистрации сброса ЖТО	градус
3	Долгота точки регистрации сброса ЖТО	градус
4	Расстояние от системы (поста) мониторинга сброса ЖТО до источника сброса ЖТО	м
5	Наименование вещества, входящего в состав ЖТО	-
6	Концентрация вещества, входящего в состав ЖТО, полученная из системы (поста) мониторинга сброса ЖТО, по состоянию на дату и время наблюдения	мг/дм ³
7	Концентрация вещества, входящего в состав ЖТО, полученная из системы (поста) мониторинга сброса ЖТО, по состоянию за 3 часа до даты и времени наблюдения	мг/дм ³
8	Значение показателя ХПК	мг/дм ³
9	Значение показателя БПК	мг/дм ³

Входные данные, характеризующие источник сброса ЖТО, приведены в табл. 76.

Таблица 76

Входные данные, характеризующие источник сброса ЖТО

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Наименование выпуска в ВО	-
2	Широта источника сброса	град.
3	Долгота источника	град.
4	Диаметр трубы выпуска	м
5	Разрешенный объем сброса	м ³
6	Наименование веществ, входящих в состав ЖТО	-

Входные данные, характеризующих показатели наблюдаемого участка ВО в пределах источника сброса ЖТО и объектов водозабора, приведены в табл. 77.

Таблица 77

Входные данные, характеризующих показатели наблюдаемого участка ВО в пределах источника сброса ЖТО и объектов водозабора

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Наименование участка ВО	–
2	Координаты участка ВО	Долгота Широта
3	Средняя глубина участка ВО	м
4	Средняя ширина участка ВО	м
5	Гидрографическая длина водотока участка ВО	м
6	Уклон русла на участке ВО	градус
7	Площадь акватории участка ВО	м ²
8	Направление течения участка ВО	градус
9	Характер ложа на участке ВО	-
10	Количество дней после ледостава	дней
11	Гидравлический радиус русла участка ВО	м

Входные данные, характеризующих гидрологическую обстановку, подготавливаются для гидропостов, расположенных как выше, так и ниже участка ВО.

Состав входных данных, характеризующих гидрологическую обстановку, в каждом гидропосте на участке ВО в каждом гидропосте на наблюдаемом участке ВО приведен в табл. 78.

Таблица 78

Состав мониторинговых параметров, характеризующих гидрологическую обстановку, в каждом гидропосте на участке ВО

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата и время наблюдения	–
2	Наименование гидропоста	–
3	Долгота гидропоста	градус
4	Широта гидропоста	градус
5	Скорость течения (потока) на участке ВО	м/с
6	Расход потока воды на участке ВО	м ³ /ч
7	Состояние поверхности акватории на участке ВО	–
8	Толщина льда на участке ВО	см
9	Направление течения на участке ВО	градус
10	Температура воды на участке ВО	°С

8.2. Прогнозирование последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

В ПАМ-СО вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы:

для прогнозирования концентраций веществ, входящих в состав ЖТО;
для прогнозирования снижения показателей ХПК и БПК.

В качестве анализируемого параметра МКП оценке подлежит концентрация вещества, входящего в состав ЖТО, в месте размещения системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ.

Для прогнозирования снижения показателей ХПК и БПК применяются гипотезы, указанные в табл. 79.

Таблица 79

Перечень гипотез ПАМ-СО для прогнозирования снижения показателей ХПК и БПК

Номер гипотезы	Содержание гипотезы
1	При наблюдаемых значениях концентрации вещества, входящего в состав ЖТО, в результате его сброса в ВО показатель ХПК опустился (опустится) ниже 6,0 мг/дм ³
2	При наблюдаемых значениях концентрации вещества, входящего в состав ЖТО, в результате его сброса в ВО показатель БПК опустился (опустится) ниже 2,1 мг/дм ³

Примечание: содержание каждой гипотезы в прошедшем времени используется на этапе обучения ПАМ-СО, а содержание гипотезы в будущем времени — при прогнозировании соответствующих событий на новых значениях наблюдаемых параметров.

Особенности прогнозирования событий и обработки результатов прогнозирования в ПАМ-СО в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ

Этап 1 — прогнозирование сброса ЖТО через 3 часа от даты и времени начала прогнозирования:

Осуществляется сбор входных данных ПАМ-СО, используемых для определения расчетных параметров, а также обработки байесовским классификатором, при этом дата и время наблюдения сброса ЖТО на этапе 1 соответствует трем часам от даты и времени начала прогнозирования.

Определяется расчетная масса вещества, входящего в состав ЖТО, сброшенного в ВО.

С использованием значения расчетной массы вещества, входящего в состав ЖТО, сброшенного в ВО, определяется расчетная концентрация данного вещества в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ, по состоянию на дату и время наблюдения.

С использованием байесовского классификатора определяется отклонение прогнозируемого значения концентрации вещества, входящего в состав ЖТО, в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ, от расчетного значения и, как следствие, прогнозируемая концентрация данного вещества в указанном месте, по состоянию на дату и время наблюдения.

Определяется показатель качества воды в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ, для соответствующего вещества, входящего в состав ЖТО, по состоянию на дату и время наблюдения.

По аналогии определяются показатели качества воды в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ, для остальных веществ, входящих в состав ЖТО, по состоянию на дату и время наблюдения.

Определяется общий показатель качества воды в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ.

Этап 2 — прогнозирование сброса ЖТО через 6 часов от даты и времени начала прогнозирования:

Осуществляется сбор входных данных ПАМ-СО, используемых для определения расчетных параметров, а также обработки байесовским классификатором, при этом:

дата и время начала прогнозирования сброса ЖТО на этапе 2 соответствует дате и времени наблюдения сброса ЖТО на этапе 1;

дата и время наблюдения сброса ЖТО на этапе 2 соответствует трем часам от даты и времени начала прогнозирования сброса ЖТО на этапе 2 (шести часам от даты и времени начала прогнозирования на этапе 1);

в качестве значения концентрации вещества, входящего в состав ЖТО, в месте размещения i -ой системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ, следует использовать прогнозируемое значение данного параметра, полученное на этапе 1;

в расчетах используется расчетная масса вещества, входящего в состав ЖТО, сброшенного в ВО, определенная на этапе 1;

в качестве значения концентрации вещества, входящего в состав ЖТО, в месте размещения системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной в непосредственной близости от источника сброса ЖТО промышленного объекта, следует использовать расчетное значение данного параметра, по состоянию на дату и время начала прогнозирования сброса ЖТО на этапе 2;

характеристика гидрологической обстановки принимается по состоянию на дату и время начала прогнозирования на этапе 1;

значения ХПК и БПК принимаются по состоянию на дату и время начала прогнозирования на этапе 1.

По аналогии с действиями, указанными на 1 этапе, определяется общий показатель качества воды в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ, по состоянию на дату и время наблюдения.

Таким образом осуществляется прогнозирование сброса ЖТО через 9 ч (этап 3), 12 ч (этап 4), 15 ч (этап 5), 18 ч (этап 6), 21 ч (этап 7) и 24 ч (этап 8).

Для остальных систем (постов) мониторинга сбросов ЖТО, расположенных на НТ, прогнозирование концентраций веществ, входящих в состав ЖТО, и общих показателей качества воды в местах их размещения, по состоянию на каждые 3 часа в течение ближайших суток, осуществляется по аналогии с действиями, указанными для i -той системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, расположенной на НТ.

Определение общего показателя качества воды

Общий показатель качества воды предназначен для оценки уровня загрязнения ВО и влияния качества воды на здоровье населения на территории муниципального образования (городского округа) в зависимости от полученных концентраций веществ, входящих в состав ЖТО.

Показатель качества воды для каждого вещества, входящего в состав ЖТО (фенол, формальдегид, аммиак, хром), а также для ХПК и БПК определяется по формуле:

$$WQI = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (140)$$

где:

C_i — концентрация i -го вещества, входящего в состав ЖТО, в месте размещения системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, а для

показателей ХПК и БПК — их значения, по состоянию на дату и время начала прогнозирования, мг/дм³;

ПДК_{*i*} — предельно допустимая концентрация *i*-го вещества, входящего в состав ЖТО, а для показателей ХПК и БПК — их нормативные значения, мг/дм³.

Общий показатель качества воды (SCWQI) определяется по формуле:

$$SCWQI = \left(\sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i} \right) / 6. \quad (141)$$

Качественная характеристика общего показателя SCWQI представляет собой шкалу от 1 до 13+ для обозначения уровня риска для здоровья, связанного с качеством воды на территории муниципального района (городского округа), и определяется по табл. 80.

Таблица 80

Шкала уровня угрозы загрязнения воды в ВО SCWQI

SCWQI	Уровень загрязнения воды	Категория загрязнения воды
0–1	Уровень 1	Чистая
1–2,5	Уровень 2	Умеренно загрязненная
2,5–6	Уровень 3	Грязная
>6	Уровень 4	Чрезвычайно грязная

Определение расчетных параметров сброса ЖТО в гидросферу

Концентрация веществ, входящих в состав ЖТО при сбросе в ВО, определяется по формуле:

$$C(L_x, t) = \frac{m_6}{F(4\pi D_x t)^{0,5}} \left[\exp\left(-\frac{(L_x - 9t)^2}{4D_x t}\right) - Kt \right], \quad (142)$$

где:

$C(L_x, t)$ — средняя концентрация вещества в ВО на расстоянии L_x через время t , г/м³;

L_x — общая протяженность участка ВО от места сброса ЖТО до системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, м;

m_6 — начальная масса сброшенного в ВО, г;

F — площадь поперечного сечения ВО, м²;

D_x — коэффициент продольной дисперсии, м²/с;
 t — время, прошедшее от начала сброса ЖТО в ВО, с;
 \mathcal{V} — средняя скорость течения воды на участке ВО, м/с;
 K — коэффициент скорости самоочищения воды от сброшенного вещества, входящего в состав ЖТО, 1/с.

Коэффициенты скорости самоочищения для веществ, входящих в состав ЖТО, приведены в табл. 81.

Таблица 81

Ориентировочные значения коэффициентов скорости самоочищения речной воды от некоторых загрязняющих веществ К

Вещество в составе ЖТО	Значения К (10-5 1/с) при температуре воды, °С		
	менее 10	от 10 до 15	более 15
Фенол	0,07	0,24	0,35
Формальдегид	0,23	0,81	1,16
Азот аммонийный	0,23	0,35	0,58
Хром	0,11	0,23	0,34

Коэффициенты продольной дисперсии D_x для участков ВО шириной равной и менее 10 м определяется по формуле:

$$D_x = 1,81 H_* \mathcal{V}^* c^{-0,63} \left(\frac{B_*}{H_*} \right)^{1,49}, \quad (143)$$

где:

\mathcal{V}^* — соответственно варианту расчета максимальная или средняя по сечению речного потока скорость течения воды на рассматриваемом участке ВО, м/с;

H_* и B_* — соответственно средние глубина и ширина участка ВО, м;
 c — коэффициент Шези, м^{0,5}/с.

Для участков ВО с большей шириной русла коэффициент продольной дисперсии D_x определяется по формуле:

$$D_x = 4300 H_* \mathcal{V}^* c^{-2,63}. \quad (144)$$

Коэффициент Шези определяется по формулам:

1. При наличии ледяного покрова на участке ВО:

$$c = \frac{1}{n_{\text{ЗИМ}}} (0,5H_*)^{Y^3}, \quad (145)$$

где:

$n_{\text{ЗИМ}}$ — коэффициент шероховатости русла для зимнего периода времени;

Y^3 — коэффициент степени, зависящий от коэффициента шероховатости русла.

Коэффициент шероховатости русла для зимнего периода времени ($n_{\text{ЗИМ}}$) определяется по формуле:

$$n_{\text{ЗИМ}} = n_{\text{Ш}}^* \left[1 + \left(\frac{n_{\text{Л}}^*}{n_{\text{Ш}}^*} \right)^{1,5} \right]^{0,67}, \quad (146)$$

где:

$n_{\text{Ш}}$ — коэффициент шероховатости русла, определяемый по табл. 82;

$n_{\text{Л}}$ — коэффициент шероховатости нижней поверхности льда.

Коэффициент степени, зависящий от коэффициента шероховатости русла (Y^3) определяется по формуле:

$$Y^3 = \begin{cases} 1,5\sqrt{n_{\text{ЗИМ}}}, & \text{при } 0,5H_* \leq 1 \text{ м} \\ 1,3\sqrt{n_{\text{ЗИМ}}}, & \text{при } 0,5H_* > 1 \text{ м} \end{cases}. \quad (147)$$

Таблица 82

Коэффициент шероховатости русла участка ВО

№ п/п	Характер ложа	Значение $n_{\text{Ш}}^*$
1	Реки в весьма благоприятных условиях (чистое прямое ложе со свободным течением, без обвалов и глубоких промоин)	0,025
2	Реки в благоприятных условиях течения	0,03
3	Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	0,035

№ п/п	Характер ложа	Значение $n_{ш}^*$
4	Реки, имеющие сравнительно чистые русла, извилистые с некоторыми неправильностями в направлении струй или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни); некоторое увеличение количества водорослей	0,04
5	Русла (больших и средних рек), значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые с беспокойным течением. Поймы больших и средних рек сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарник)	0,05
6	Порожистые участки равнинных рек. Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала. Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья с наличием заводей)	0,067
7	Реки и поймы, весьма заросшие (со слабым течением), с большими глубокими промоинами. Валунные, горного типа, русла с бурливым пенистым течением, с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)	0,08
8	Поймы такие же, как предыдущей категории, но с сильно неправильным течением, заводями и пр.	0,01
9	Горно-водопадного типа русла с крупновалунным строением ложа, перекаты ярко выражены, пенистость настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет; шум потока доминирует над всеми остальными звуками, делает разговор затруднительным	0,01
10	Характеристика горных рек примерно та же, что и предыдущей категории. Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.). Поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями, озерами и пр.	1,133

Коэффициент шероховатости нижней поверхности льда ($n_{л}^*$) определяется по табл. 83.

Таблица 83

Значение $n_{л}^*$ нижней поверхности льда

№ п/п	Число дней после ледостава	$n_{л}^*$
1	До 10	0,15–0,05
2	10–20	0,1–0,04
3	20–60	0,05–0,03
4	60–80	0,04–0,015
5	80–100	0,025–0,01

2. При отсутствии значений $n_{л}^*$:

$$c = \frac{(H_*)^{2,5\sqrt{n_{ш}^*} - 0,13 - 0,75\sqrt{H_*}(\sqrt{n_{ш}^*} - 0,1)}}{n_{ш}^*}. \quad (148)$$

3. Для летнего периода времени на участке ВО коэффициент Шези определяется по формуле:

$$c = \frac{1}{n_{ш}^*} R^y, \quad (149)$$

где:

R — гидравлический радиус русла, м;

y — коэффициент степени, зависящий от коэффициента шероховатости русла:

$$y = 2,5\sqrt{n_{ш}^*} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_{ш}^*} - 0,1). \quad (150)$$

Масса вещества, входящего в состав ЖТО, сброшенного в водный поток, определяется по формуле:

$$m_g = \frac{C(L_x, t) F(4\pi D_x t)^{0,5}}{\left[\exp\left(-\frac{(L_x - \vartheta t)^2}{4D_x t}\right) - Kt \right]}. \quad (151)$$

8.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

Выходными данными ПАМ-СО являются:

вероятностная оценка прогнозируемых концентраций различного типа ЖТО в заданный период времени на системах (постах) мониторинга сбросов в период распространения сброса ЖТО;

вероятностная оценка снижения показателей ХПК и БПК в результате сброса ЖТО;

оценка уровня загрязненности воды на основании общего показателя качества воды SCWQI.

Глава 9.

Модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

Загрязнение атмосферного воздуха в настоящее время одна из наиболее серьезных проблем, которая воздействует на здоровье населения и компоненты окружающей среды в целом. Воздействие на здоровье, может проявляться в виде затрудненного дыхания, одышки, кашля, астмы и ухудшения общего состояния индивида, имеющего различные хронические заболевания.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения в 2014 году, загрязнение воздуха каждый год приводит к преждевременной смерти около 7 миллионов человек во всем мире. Исследования, опубликованные в марте 2019 года, показали, что их число может составлять около 8,8 миллиона ежегодно.

Выбросы опасных химических веществ (ОХВ) в окружающую среду могут происходить в результате аварий на химически вредных объектах, а также нарушения норм выбросов при различных технологических процессах на производствах. При этом масштабные аварии на химически вредных объектах являются одними из наиболее вредных технологических катастроф, которые могут привести к массовому отравлению и гибели людей и биологических активов, значительному экономическому ущербу и тяжелым экологическим последствиям.

В рамках государственного экологического контроля осуществляются наблюдения за качеством атмосферного воздуха, оценка и прогноз изменения состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Однако, не все муниципальные образования и городские округа обеспечены постами мониторинга, способными в режиме реального времени получать информацию о превышении нормативных показателей контролируемых ОХВ, давать качественную, точную оценку последствий выбросов ОХВ.

Поэтому разработка методики прогнозной и аналитической модели «Выброс опасных химических веществ в окружающую среду» (ПАМ-ОХВ) является важной научно-практической задачей при прогнозировании и возникновении кризисных ситуаций и происшествий, обусловленных угрозой выброса ОХВ в окружающую среду с превышением нормативных показателей [73].

Наиболее перспективным методом создания ПАМ-ОХВ является комплексное применение математической модели с возможностями использования при расчетах только тех ее входных параметров, которые могут быть определены и автоматически высчитаны заранее, и байесовских сетей — вероятностно-графовых моделей, функционирующих в условиях неопределенности знаний, предназначенных для исследования вероятностных причинно-следственных связей между событиями в области обеспечения безопасности жизнедеятельности населения на контролируемых территориях [74].

9.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ОХВ являются следующие группы параметров:

параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных по периметру промышленных объектов, на которых имеются источники выбросов ОХВ;

параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных на НТ;

характеристики метеорологической обстановки;

характеристики источников выброса ОХВ и параметров выбросов ОХВ.

Состав входных данных, характеризующих параметры системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенного по периметру промышленного объекта, на котором имеются источники выбросов ОХВ, приведен в табл. 84.

Таблица 84

Входные данные, характеризующие параметры системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенного по периметру промышленного объекта, на котором имеются источники выбросов ОХВ

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата и время наблюдения выброса ОХВ	-
2	Широта точки регистрации выброса ОХВ	градус
3	Долгота точки регистрации выброса ОХВ	градус
4	Расстояние от системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ до источника выброса ОХВ	м
5	Наименование ОХВ	-
6	Концентрация ОХВ, полученная из системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, по состоянию на дату и время наблюдения	мг/м ³
7	Концентрация ОХВ, полученная из системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, по состоянию за 3 часа до даты и времени наблюдения	мг/м ³

Состав входных данных, характеризующих параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных на НТ приведен в табл. 85.

Таблица 85

Входные данные, характеризующие параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных на НТ

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата и время наблюдения выброса ОХВ	-
2	Широта точки регистрации выброса ОХВ	-
3	Долгота точки регистрации выброса ОХВ	-
4	Расстояние от системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ до источника выброса ОХВ	м
5	Наименование ОХВ	-
6	Концентрация ОХВ, полученная из системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, по состоянию на дату и время наблюдения	мг/м ³
7	Концентрация ОХВ, полученная из системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, по состоянию за 3 часа до даты и времени наблюдения	мг/м ³

Входные данные, характеризующие метеорологические параметры, подготавливаются на базе объективных данных о метеорологическом режиме и климате на соответствующих территориях в течение наблюдаемых выбросов ОХВ, поступающих от метеорологических станций, постов, пунктов наблюдения и/или технических средств для определения и передачи данных о метеорологических параметрах в режиме времени близком к реальному и находящихся в радиусе не более 25 км от системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенного по периметру промышленного объекта, на котором имеются источники выбросов ОХВ (источники метеоданных).

При наличии на территории более одного источника метеоданных, метеорологические параметры подготавливаются на базе данных, предоставляемых наименее удаленным источником от системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенного по периметру промышленного объекта, на котором имеются источники выбросов ОХВ.

В качестве источника метеоданных в том числе могут выступать системы (посты) мониторинга выбросов ОХВ, расположенные по периметру промышленного объекта, на котором имеются источники выбросов ОХВ, при наличии у них такой функциональной возможности.

Состав входных данных, характеризующих метеорологические параметры в стандартный срок наблюдения в течение суток, приведен в табл. 86.

Таблица 86

Входные данные, характеризующие метеорологические параметры

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Наименование метеостанции	-
2	Широта метеостанции	градус
3	Долгота метеостанции	градус
4	Дата и время наблюдения	-
5	Температура воздуха	°С
6	Атмосферное давление	мм. рт. ст
7	Относительная влажность	%
8	Направление ветра	градус
9	Скорость ветра	м/с
10	Количество осадков	мм
11	Облачность	%

Состав входных данных, характеризующих источник выброса ОХВ приведен в табл. 87.

Таблица 87

Входные данные, характеризующие источник выброса ОХВ

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Наименование источника выброса	-
2	Широта источника выброса	-
3	Долгота источника	-
4	Высота источника выброса	м
5	Диаметр устья трубы	м
6	Мощность выброса	г/с
7	Наименование ОХВ	-

9.2. Прогнозирование выброса опасных химических веществ в окружающую среду

В ПАМ-ОХВ вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора оценке подлежат следующие параметры: мощность выброса; концентрация ОХВ, в месте размещения системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ.

Особенности прогнозирования событий и обработки результатов прогнозирования в ПАМ-ОХВ в месте размещения *i*-той системы (поста) мониторинга выброса ОХВ, расположенной на НТ

Этап 1 — прогнозирование выброса ОХВ через 3 часа от даты и времени начала прогнозирования:

Осуществляется сбор входных данных ПАМ-ОХВ, используемых для определения расчетных параметров, а также обработки байесовским классификатором, при этом:

дата и время наблюдения выброса ОХВ на этапе 1 соответствует трем часам от даты и времени начала прогнозирования;

входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку, по состоянию на дату и время наблюдения, определяются по метеорологическому прогнозу на ближайшие сутки;

для прогнозирования используется система (пост) мониторинга выбросов ОХВ, расположенная по периметру промышленного объекта,

на котором имеются источники выбросов ОХВ, с максимальным значением концентрации ОХВ, по состоянию на дату и время начала прогнозирования, среди показаний концентраций ОХВ, полученных со всех систем (постов), расположенных по периметру соответствующего промышленного объекта.

Определяется расчетная мощность выброса.

С использованием байесовского классификатора определяется отклонение прогнозируемого значения мощности выброса от ее расчетного значения и, как следствие, прогнозируемая мощность выброса.

С использованием значения прогнозируемой мощности выброса определяется расчетная концентрация ОХВ в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ, по состоянию на дату и время наблюдения.

С использованием байесовского классификатора определяется отклонение прогнозируемого значения концентрации ОХВ в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ, и, как следствие, прогнозируемая концентрация ОХВ в указанном месте, по состоянию на дату и время наблюдения.

Определяется показатель качества воздуха (Safe City Air Quality Index) в месте размещения системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ, для соответствующего ОХВ, по состоянию на дату и время наблюдения.

По аналогии определяются показатели качества воздуха (Safe City Air Quality Index) в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ, для остальных ОХВ, по состоянию на дату и время наблюдения.

Определяется общий показатель качества воздуха (Safe City Air Quality Index) в месте размещения i -той системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ.

Этап 2 — прогнозирование выброса ОХВ через 6 часов от даты и времени начала прогнозирования:

Осуществляется сбор входных данных ПАМ-ОХВ, используемых для определения расчетных параметров, а также обработки байесовским классификатором, при этом:

дата и время начала прогнозирования выброса ОХВ на этапе 2 соответствует дате и времени наблюдения выброса ОХВ на этапе 1;

дата и время наблюдения выброса ОХВ на этапе 2 соответствует трем часам от даты и времени начала прогнозирования выброса ОХВ на этапе 2 (шести часам от даты и времени начала прогнозирования на этапе 1);

входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку, по состоянию на дату и время наблюдения, определяются по метеорологическому прогнозу на ближайшие сутки;

для прогнозирования используются системы (посты) мониторинга выбросов ОХВ, наблюдаемые на этапе 1;

в качестве значения концентрации ОХВ, в месте размещения *i*-ой системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ, следует использовать прогнозируемое значение данного параметра, полученное на этапе 1.

По аналогии с действиями, указанными на 1 этапе, определяется общий показатель качества воздуха (Safe City Air Quality Index) в месте размещения *i*-той системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ, расположенной на НТ, по состоянию на дату и время наблюдения.

Таким образом осуществляется прогнозирование выброса ОХВ через 9 ч (этап 3), 12 ч (этап 4), 15 ч (этап 5), 18 ч (этап 6), 21 ч (этап 7) и 24 ч (этап 8).

Для остальных систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных на НТ, прогнозирование концентраций ОХВ и общих показателей качества воздуха (Safe City Air Quality Index) в местах их размещения, по состоянию на каждые 3 часа в течение ближайших суток, осуществляется по аналогии с действиями, указанными для *i*-той системы (поста) мониторинга выброса ОХВ, расположенной на НТ.

Определение общего показателя качества воздуха (Safe City Air Quality Index)

Общий показатель качества воздуха (Safe City Air Quality Index) предназначен для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха и влияния качества воздуха на здоровье населения на территории муниципального образования (городского округа) в зависимости от полученных концентраций выброса ОХВ.

Показатель качества воздуха (Safe City Air Quality Index) для каждого ОХВ (фенол, формальдегид, аммиак) определяется по формуле:

$$SCAQI_i = \left(\frac{C_i}{ПДК_{м.рi}} \right)^{k_i}, \quad (152)$$

где:

C_i — концентрация i -го ХОВ в атмосферном воздухе в месте размещения системы (поста) мониторинга выброса ХОВ, мг/м³;

$ПДК_{м.рi}$ — предельно допустимая концентрация максимально-разовая-го ХОВ, мг/м³;

k_i — безразмерный коэффициент: 1,3 — для фенола и формальдегида; 0,85 — для аммиака.

Общий показатель качества воздуха (SCAQI) определяется по формуле:

$$SCAQI = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{q_{ср.i}}{ПДК_{м.рi}} \right)^{k_i}. \quad (153)$$

Качественная характеристика общего показателя SCAQI представляет собой шкалу от 1 до 13+ для обозначения уровня риска для здоровья, связанного с качеством воздуха на территории муниципального района (городского округа), и определяется по табл. 88.

Таблица 88

Шкала уровня угрозы загрязнения воздуха SCAQI

SCAQI	Уровень загрязнения воздуха	Категория загрязнения воздуха
0–5	Уровень 1	низкий
5–6	Уровень 2	Повышенный
7–13	Уровень 3	Высокий
> 13	Уровень 4	Очень высокий

Определение расчетных параметров выброса ОХВ в атмосферном воздухе

Скорость и дальность переноса загрязнения зависит от турбулентности воздуха и существующего во время эмиссии загрязнения ветрового поля.

В ПАМ-ОХВ расчетная концентрация ОХВ в месте размещения системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ определяется по стационарной модели Гаусса:

$$C(x, y, z, t) = \frac{q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \times \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (154)$$

где:

$C(x, y, z, t)$ — концентрация ОХВ в точке с координатами x, y, z в момент времени t , мг/м³;

q — мощность выброса из источника, г/с;

h — высота источника выброса ОХВ, м;

u — средняя скорость ветра, м/с;

σ_y — горизонтальная дисперсия, м;

σ_z — вертикальная дисперсия, м;

ось y — поперечно-горизонтальное направление;

ось z — направлена вертикально вверх;

ось x — горизонтальное направление, совпадает с направлением ветра;

начало системы координат — координаты источника выброса.

Концентрации ОХВ определяются в местах размещения систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных на НТ, используя их координаты.

Значения дисперсий σ_y, σ_z рассеяния задаются в зависимости от класса устойчивости атмосферы (табл. 89). Каждому классу устойчивости соответствуют определенные значения скорости ветра u и степени дневной инсоляции и ночной облачности (табл. 90).

**Значения дисперсий σ_y , σ_z для расстояний 100–10000 м
в условиях города и открытой местности**

Класс устойчивости атмосферы Паскуилла	Состояние устойчивости	σ_y (м)	σ_z (м)
Открытая местность			
A	Сильно неустойчивое (1)	$0,22x(1 + 0,0001x)^{-1/2}$	$0,2x$
B	Неустойчивое (2)	$0,16x(1 + 0,0001x)^{-1/2}$	$0,12x$
C	Слабо неустойчивое (3)	$0,11x(1 + 0,0001x)^{-1/2}$	$0,08x(1 + 0,0002x)^{-1/2}$
D	Равновесное (4)	$0,08x(1 + 0,0001x)^{-1/2}$	$0,06x(1 + 0,0015x)^{-1/2}$
E	Слабоустойчивое (5)	$0,06x(1 + 0,0001x)^{-1/2}$	$0,03x(1 + 0,0003x)^{-1}$
F	Устойчивое (6)	$0,04x(1 + 0,0001x)^{-1/2}$	$0,016x(1 + 0,003x)^{-1}$
Городская местность			
A–B	Неустойчивое (1–2)	$0,32x(1 + 0,0004x)^{-1/2}$	$0,24x(1 + 0,001x)$
C	Слабо неустойчивое (3)	$0,22x(1 + 0,0004x)^{-1/2}$	$0,2x$
D	Равновесное (4)	$0,16x(1 + 0,0004x)^{-1/2}$	$0,14x(1 + 0,0003x)^{-1/2}$
E–F	Устойчивое (5–6)	$0,11x(1 + 0,0004x)^{-1/2}$	$0,08x(1 + 0,0015x)^{-1/2}$

Классы устойчивости атмосферы Паскуилла

Скорость ветра на высоте 10 м, м/с	Степень инсоляции днем			Облачность ночью, баллы	
	сильная	умеренная	слабая	10 (общая) или > 5 (нижняя)	< 4 (нижняя)
< 2	A	A-B	B	–	–
2–3	A–B	B	C	E	F
3–5	B	B–C	D	D	E
5–6	C	C–D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Мощность выброса от предполагаемого источника выброса ОХВ определяется по формуле:

$$q = \frac{2\pi u \sigma_E \sigma_y \sigma_z C(x, y, z, t)}{\exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}}. \quad (155)$$

Определение мощности выброса по формуле (155) осуществляется относительно системы (поста) мониторинга выбросов ХОВ, расположенной по периметру соответствующего промышленного объекта, с максимальным значением концентрации ХОВ среди значений, полученных со всех систем (постов), расположенных по периметру данного промышленного объекта, по состоянию на время проведения расчетов.

9.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

Выходными данными ПАМ-ОХВ являются:

вероятностная оценка прогнозируемых концентраций различного типа ОХВ в заданный период времени на системах (постах) мониторинга выбросов в период распространения выброса ОХВ;

оценка уровня загрязненности воздуха на основании общего показателя качества воздуха SCAQI.

Глава 10.

Модель для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

10.1. Общие математические модели распространения инфекций

Согласно [75] «эпидемия — массовое, прогрессирующее во времени и пространстве в пределах определенного региона распространение инфекционной болезни людей, значительно превышающее обычно регистрируемый на данной территории уровень заболеваемости», а «пандемия — эпидемия, характеризующаяся распространением инфекционного заболевания на территории всей страны, территориях сопредельных государств, а иногда и многих стран мира».

Распространение новой коронавирусной инфекции COVID-19 в мире за два с половиной года привело к более пятистам миллионам заражений и более шести миллионам смертей. Высокая динамика роста заболеваемости и смертности привели не только к серьезной нагрузке на систему здравоохранения практически во всех странах мира, но и к развитию научных методов моделирования эпидемий и пандемий [76, 77].

Математические модели распространения инфекций можно разделить по цели их использования на следующие категории [78]:

- модели для идентификации вспышек эпидемий по данным в реальном времени;

- методы машинного обучения для прогнозирования распространения инфекции;

- модели для анализа и прогнозирования распространения инфекции при различных противоэпидемических мерах.

Для первой категории используются статистические модели, призванные по текущим данным об исследуемой инфекции (количество обращений за медицинской помощью, число госпитализаций, смертность и т. д.) констатировать факт начала эпидемии.

В этой категории наиболее популярным методом моделирования является CUSUM-тест [79], который можно описать следующим образом.

Пусть $y(ti)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ — число случаев инфицирования. Величина кумулятивной суммы определяется как

$$CUSUM(i) = \sum_{j=1}^i (y(t_j) - k_j), \quad (156)$$

где k_j — референсное значение случаев инфицирования в момент времени t_j . При превышении величиной CUSUM порогового значения фиксируется факт начала эпидемии.

Модели данной категории не являются моделями распространения эпидемий, поскольку не описывают саму динамику, а являются статистическими моделями анализа наблюдаемых характеристик данного явления. Таким образом, область применения данных моделей ограничивается констатацией начала факта эпидемии, но не включает анализ влияния противоэпидемических мер и предсказание характера распространения инфекции.

В последние годы получили распространение методы машинного обучения анализа и прогнозирования характеристик эпидемии на основе поисковых запросов и постов в социальных сетях с определением местоположения [80]. Количество запросов и сообщений с определенными ключевыми словами (например, симптомы исследуемого заболевания, регион распространения инфекции и ряд других) используются в качестве предикторов в модели машинного обучения. Неоспоримым преимуществом данного подхода является отсутствие временного лага между началом проявления первых симптомов у заболевших и определением диагноза при обращении в медицинские учреждения. Однако многие достаточно сложные для описания предметной области модели машинного обучения являются нелинейными и сложно интерпретируются. По этой причине затрудняется возможность анализа результатов противоэпидемических мер, поскольку невозможно их включение в модель в явном виде.

Таким образом, модели данной категории хорошо подходят для фиксации начала эпидемии и прогнозирования распространения инфекции на ее начальном этапе. В дальнейшем качество прогноза снижается в силу введения специфичных противоэпидемических мер и различий

в состояниях иммунитета населения в настоящий момент и в момент получения данных для обучающей выборки модели.

Модели третьей категории, называемые также компартментными моделями, могут быть использованы для предсказания динамики распространения вирусных инфекций и анализа эффективности противоэпидемических мер.

Компартментные модели характеризуются наличием пространства состояний (компартментов) и описания правил перехода между ними. Количество и вид состояний могут быть разными, в простейшем случае используются состояния: восприимчивый, инфицированный, выздоровевший (классическая SIR-модель [81], названная по первым буквам состояний: S — Susceptible, I—Infected, R — Recovered). Принципиальная схема работы SIR-модели приведена на рис. 7.

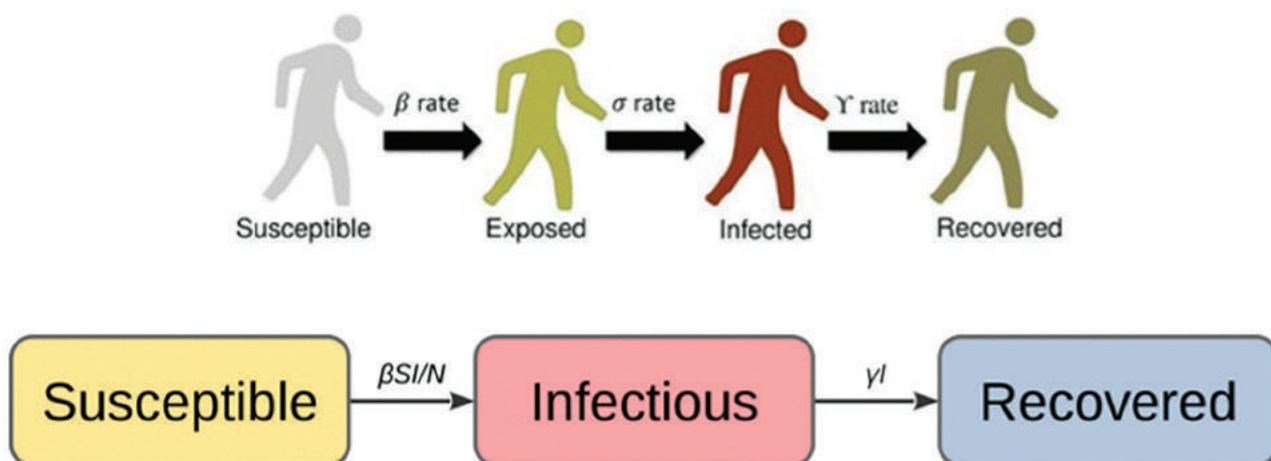


Рис. 7. Модель SIR

Уравнение, описывающее изменение числа здоровых (и при этом восприимчивых к заболеванию) индивидуумов, которое уменьшается со временем пропорционально числу контактов с инфицированными, восприимчивый переходит в состояние инфицированного:

$$\frac{dS}{Dt} = -\frac{\beta IS}{N}. \quad (157)$$

Уравнение индекса репродукции (скорость увеличения числа заразившихся) растет пропорционально числу контактов здоровых и инфицированных и уменьшается по мере выздоровления последних:

$$\frac{dI}{dt} = \left(R_0 \frac{S}{N} - 1 \right) \gamma I, \quad (158)$$

где:

$S(t)$ — численность восприимчивых индивидов в момент времени t , чел.;

$I(t)$ — численность инфицированных индивидов в момент времени t , чел.;

$R(t)$ — численность переболевших индивидов в момент времени t , чел.;

R_0 — количество одновременно болеющих, чел.;

B — коэффициент интенсивности контактов индивидов с последующим инфицированием;

γ — коэффициент интенсивности выздоровления инфицированных индивидов.

Недостатком SIR-моделей является отсутствие гибкости — невозможность учета изменения таких параметров как: новые мутации вируса и штамма, ограничительные меры, вакцинация и т.п. [82].

SEIR — модель описания динамики заболеваний с временным иммунитетом (выздоровевшие индивиды со временем снова становятся восприимчивыми). Модель описывает развитие наиболее опасных эпидемий, поскольку длительный инкубационный период может препятствовать своевременному обнаружению заболевания. Модель предназначена для оценки последствий, когда есть риск, что заболевание охватит значительное число индивидуумов в популяции. Многие болезни имеют скрытую или латентную фазу, во время которой индивид уже столкнулся с вирусом, но еще сам не стал заразным. Этот период между контагенацией и самой стадией болезни может быть включен в модель SIR путем добавления показателя латентной/экспонированной популяции E . В этом случае, контагенированные, но еще не заразные индивиды перемещаются из категории S в E и из E в I (см. рис. 8).

Изменение числа здоровых (и при этом восприимчивых к заболеванию) индивидуумов уменьшается со временем пропорционально числу контактов с инфицированными. После заражения здоровый индивид переходит в состояние контактного по данному заболеванию. Уравнение, описывающее данные закономерности, имеет следующий вид:

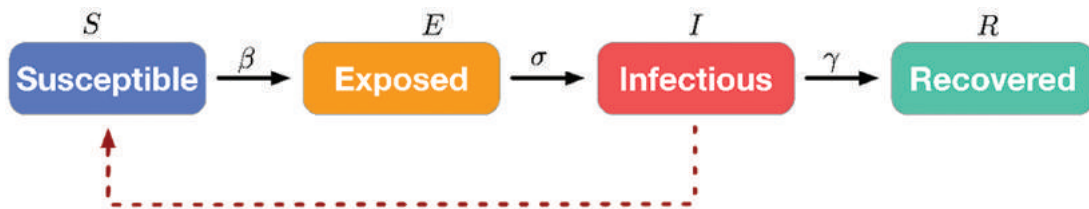


Рис. 8. Модель SEIR

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \mu S - \beta \frac{I}{N} S. \quad (159)$$

Уравнение, которое вносит задержку по времени при переходе индивидуума из состояния контактного в состояние инфицированного (больного), имеет вид:

$$\frac{dE}{dt} = \beta \frac{I}{N} S - (\mu + \alpha) E. \quad (160)$$

Переход индивидуума из состояния «контактный» в состояние «инфицированный» имеет следующее математическое выражение:

$$\frac{dI}{dt} = \alpha E - (\gamma + \mu) I. \quad (161)$$

Инфицированные индивидуумы могут погибнуть, что учитывает коэффициент μ в уравнении, которое имеет вид:

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R. \quad (162)$$

Интенсивность развития эпидемии описывает базовый коэффициент воспроизведения, по соотношению:

$$R_0 = \frac{\alpha}{\mu} + \frac{\beta}{\mu + \gamma}, \quad (163)$$

где:

μ — уровень смертности;

α — величина, обратная среднему инкубационному периоду заболевания;

$E(t)$ — численность индивидов — носителей заболевания в момент времени t ;

$N = S + E + I + R$ — численность популяции.

Поскольку латентная фаза делает индивида заразным спустя некоторое время после контакта с патогеном, последующая его передача уже от инфицированного человека случится позднее, чем если бы была применена модель SIR, в которой латентная фаза отсутствует. Следовательно, включение более продолжительного латентного периода приведет к более медленному распространению болезни в популяции.

Модель MSEIR (M — наделенные иммунитетом от рождения, S — восприимчивые, E — контактные, I — инфицированные, R — выздоровевшие) — одна из самых сложных для анализа в силу наличия большого числа независимых параметров.

В реалистичной популяции, динамика болезни достигнет устойчивого состояния, если μ и ν представляют собой коэффициенты рождаемости и смертности, соответственно, и предполагаются равными для поддержания постоянной численности популяции.

$$\frac{dM}{dT} = B - \delta M - \mu M; \quad (164)$$

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \nu S - \frac{\beta SI}{N}; \quad (165)$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \nu I - \sigma I; \quad (166)$$

$$\frac{dR_t}{dt} = \gamma I - \nu R, \quad (167)$$

где:

$N = S + E + I + R$ — вся популяция;

S — восприимчивые (незараженные) индивидуумы с 3 лет;

E — зараженные индивидуумы или находящиеся в инкубационном периоде;

I — инфицированные индивидуумы с симптомами;

R — вылеченные индивидуумы.

От ранее рассмотренных моделей эта система уравнений отличается тем, что учитывает рождение детей, вероятность заражения которых

растет со временем по мере утраты ими иммунитета, приобретенного внутриутробно.

Модель SEIR-HCD (H — заболевшие индивидуумы, которые были госпитализированы в больницу; C — пациенты, находящиеся в критической ситуации; D — летальный исход болезни) основана на системе нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений на отрезке $t \in [t_0, T]$:

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{5-a(t-\tau)}{N(t)} \left(\frac{\alpha_I S(t)I(t)}{N(t)} + \frac{\alpha_E S(t)E(t)}{N(t)} \right) + \gamma R(t); \quad (168)$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{5-a(t-\tau)}{5} \left(\frac{\alpha_I S(t)I(t)}{N(t)} + \frac{\alpha_E S(t)E(t)}{N(t)} \right) - (k+p)E(t); \quad (169)$$

$$\frac{dR}{dt} = \beta I(t) + \rho E(t) - R(t) + \varepsilon HRH(t); \quad (170)$$

$$\frac{dH}{dt} = \nu I(t) + \varepsilon CHC(t) - (\varepsilon HC + \varepsilon HR)H(t); \quad (171)$$

$$\frac{dC}{dt} = \varepsilon HCH(t) - (\varepsilon CH + \mu)C(t); \quad (172)$$

$$\frac{dD}{dt} = \mu C(t), \quad (173)$$

с начальными условиями:

$$\begin{aligned} S(t_0) = S_0, E(t_0) = E_0, I(t_0) = I_0, R(t_0) = R_0, H(t_0) = H_0, \\ |C(t_0) = C_0, D(t_0) = D_0, \end{aligned}$$

где:

$N = S + E + I + R + H + C + D$ — вся популяция, которая состоит из следующих групп:

S — восприимчивые (незараженные) индивидуумы с 3 лет;

E — зараженные индивидуумы или находящиеся в инкубационном периоде;

I — инфицированные индивидуумы с симптомами;

R — вылеченные индивидуумы;

H — госпитализированные, т.е. с тяжелым протеканием болезни;

C — находящиеся в критическом состоянии, требующие подключения аппарата ИВЛ;

D — летальные случаи заболевания;

$\alpha(t)$ — индекс самоизоляции;

τ — латентный период (характеризует запаздывание выделения вирионов или заразности);

αI — параметр заражения между инфицированным и восприимчивым населением, который связан с контагиозностью вируса и социальными факторами;

αE — параметр заражения между бессимптомной и восприимчивой группами населения;

k — частота появления симптомов в открытых случаях, что приводит к переходу от бессимптомной к инфицированной популяции;

ρ — скорость восстановления выявленных случаев (случаи, которые выявлены, но выздоравливают без каких-либо симптомов);

β — скорость выздоровления зараженных случаев;

γ — скорость повторного заражения;

ν — доля госпитализированных случаев с тяжелым протеканием заболевания;

εHR — вероятность выздоровления индивидуумов, находящихся в тяжелом состоянии;

εHC — доля госпитализированных случаев, находящихся в критическом состоянии и требующих подключения аппарата ИВЛ;

εCH — вероятность отключения аппарата ИВЛ у пациента;

$cisol$ — коэффициент влияния индекса самоизоляции на заражаемость;

μ — смертность в результате инфицирования;

E_0 — начальное количество бессимптомных инфицированных;

R_0 — начальное количество вылеченных индивидуумов.

Модель SuEIR — это эпидемическая модель для прогнозирования активных случаев и смертей от COVID-19 с учетом незарегистрированных случаев (см. рис. 9).

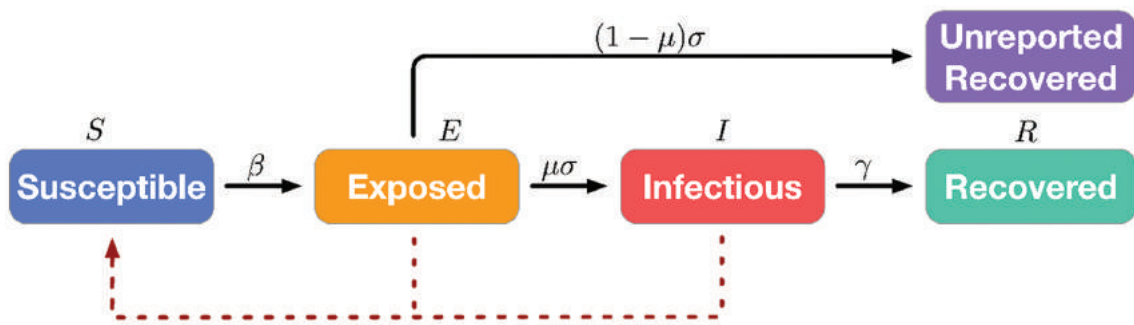


Рис. 9. Модель SuEIR

В модели SuEIR введен новый параметр $\mu < 1$ в динамику эволюции I_t для контроля соотношения экспонированных случаев, которые подтверждаются и сообщаются общественности. Уравнения модели SuEIR приведены в соотношениях:

$$\frac{dS_t}{dt} = -\frac{\beta(I_t + E_t)S_t}{N}; \quad (174)$$

$$\frac{dE_t}{dt} = -\frac{\beta(I_t + E_t)S_t}{N} - \sigma E_t; \quad (175)$$

$$\frac{dE_t}{dt} = -\frac{\beta(I_t + E_t)S_t}{N} - \sigma E_t; \quad (176)$$

$$\frac{dI_t}{dt} = \mu\sigma E_t - \gamma I_t; \quad (177)$$

$$\frac{dR_t}{dt} = \gamma I_t. \quad (178)$$

Модель MSIR (M — «maternally derived immunity») включает аналитический блок M (для материнского иммунитета) в начало модели (см. рис. 10).

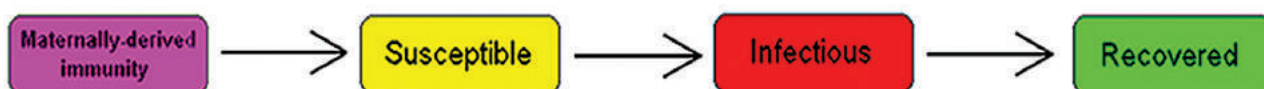


Рис. 10. Модель MSIR

Модель MSIR описывается следующими дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dM}{dt} = \Delta - \delta M - \mu M; \quad (179)$$

$$\frac{dS}{dt} = \delta M - \frac{\beta SI}{N} - \mu S; \quad (180)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta SI}{N} - \gamma S - \mu I; \quad (181)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R. \quad (182)$$

В [83] показана принципиальная возможность построения компьютерной модели развития чрезвычайной ситуации биолого-социального характера с использованием эпидемиологической модели SIR и системы компьютерной алгебры Mathematica.

В [84] для прогнозирования состояния обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи в период распространения ЭРВЗ в качестве математической основы моделирования предложено использовать байесовские классификаторы.

10.2. Входные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

Основными входными данными, для формирования базового обучающего множества ПАМ-ЭРВЗ в отношении НТ, являются следующие группы параметров:

входные данные, характеризующие НП;

входные данные, характеризующие социально-экономические показатели НП;

входные данные, характеризующие состав и численность населения НП;

входные данные, характеризующие демографические показатели НП;

входные данные, характеризующие симптомы и протекание РВЗ;
 входные данные, характеризующие уровень обеспеченности населения ресурсами медицинской помощи в НП;

входные данные, характеризующие эпидемиологическую обстановку в НП (при развитии ЭРВЗ);

результаты прогнозирования и моделирования распространения ЭРВЗ в НП.

Состав входных данных, характеризующих НП, приведен в табл. 91.

Таблица 91

Входные данные, характеризующие НП

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения	
1	Сведения об административном территориальном образовании НТ	-	
2	Площадь НП	м ²	
3	Плотность населения в НП	чел./км ²	
4	Плотность застройки территории НП	м ² /га	
5	Количество и типы зданий (сооружений) в НП	Жилые	ед.
		Административные	ед.
		Производственные	ед.
		Объекты инфраструктуры	ед.
6	Плотность автомобильных дорог	км/1000 км ²	
7	Плотность железнодорожной сети	км/1000 км ²	
8	Авиационная подвижность населения, полетов	1 чел. в год	

Состав входных данных, характеризующих социально-экономические показатели НП, приведен в табл. 92.

Таблица 92

Входные данные, характеризующие социально-экономические показатели НП

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Численность экономически активного населения	чел.
2	Уровень занятых трудовой деятельностью	%
3	Потребительские расходы в среднем на душу населения в месяц	руб.
4	Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в месяц	руб.

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
5	Уровень безработицы	%
6	Уровень занятости населения в трудоспособном возрасте	%
7	Среднедушевые денежные доходы населения в месяц	руб./месяц
8	Покупательная способность денежных доходов населения в месяц	кг
9	Численность населения, имеющего среднедушевые денежные доходы ниже величины прожиточного минимума, и дефицит денежного дохода	чел.

Состав входных данных, характеризующих состав и численность населения в НП, приведен в табл. 93.

Таблица 93

Входные данные, характеризующие состав и численность населения в НП

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
Состав численности населения по возрастным группам		
1	Возраст 0–14 лет	чел.
2	Возраст 15–19 лет	чел.
3	Возраст 20–24 лет	чел.
4	Возраст 25–29 лет	чел.
5	Возраст 30–34 лет	чел.
6	Возраст 35–39 лет	чел.
7	Возраст 40–44 лет	чел.
8	Возраст 45–49 лет	чел.
9	Возраст 50–54 лет	чел.
10	Возраст 55–59 лет	чел.
11	Возраст 60–64 лет	чел.
12	Возраст 65–69 лет	чел.
13	Возраст 70–74 лет	чел.
14	Возраст 75–79 лет	чел.
15	Возраст 80–84 лет	чел.
16	Возраст 85–89 лет	чел.
17	Возраст 90–94 лет	чел.
18	Возраст 95–99 лет	чел.
19	Возраст 100 лет и более	чел.
20	Пассажиропоток по всем видам транспорта	млн. пассажиров-км

В качестве входных данных, характеризующих демографические показатели на НТ, используются среднемесячные значения параметров в условиях отсутствия ЭРВЗ.

Состав входных данных, характеризующих демографические показатели на НТ, приведен в табл. 94.

Таблица 94

Входные данные, характеризующие демографические показатели на НТ

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Коэффициент рождаемости	ед. на 1000 чел.
2	Показатель смертности от болезней системы кровообращения	ед. на 1000 чел.
3	Показатель смертности от новообразований	ед. на 1000 чел.
4	Показатель смертности от болезней органов дыхания	ед. на 1000 чел.
5	Естественный прирост (убыль) населения на НТ	‰
6	Миграционный прирост (убыль) населения на НТ	‰

Состав входных данных, характеризующих ресурсы системы оказания медицинской помощи в НП, приведен в табл. 95.

Таблица 95

Входные данные, характеризующие ресурсы системы оказания медицинской помощи в НП

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Количество медицинских учреждений с инфекционными отделениями	ед.
2	Количество отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) выделенных под инфицированных в медицинских учреждениях	ед.
3	Количество коек для госпитализированных инфекционных больных	ед.
4	Количество кислородных концентраторов	ед.
5	Количество коек в реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ)	ед.
6	Количество аппаратов инвазивной вентиляции (или аналогичных аппаратов)	ед.
7	Количество бригад скорой помощи, обслуживающих НТ НП	ед.
8	Показатель старшего медицинского персонала	чел./коек
9	Показатель среднего медицинского персонала	чел./коек

Состав входных данных, характеризующих симптомы и протекание заболевания приведен в табли. 96.

Таблица 96

Входные данные, характеризующие симптомы и протекание заболевания

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Тип РВЗ	-
2	Базовое репродуктивное число	-
3	Продолжительность инкубационного периода	дней
4	Длительность протекания заболевания при легкой форме	дней
5	Длительность протекания заболевания при средней форме	дней
6	Длительность протекания заболевания при тяжелой форме	дней
7	Показатель вирулентности РВЗ	-
8	Индекс контагиозности РВЗ	-
9	Группа патогенности РВЗ	-

Состав входных ретроспективных данных, характеризующих эпидемиологическую обстановку на НТ в период распространения ЭРВЗ, приведен в табл. 97.

Таблица 97

Входные данные, характеризующие мониторинговые параметры распространения ЭРВЗ

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
1	Дата наблюдения	дд.мм.гггг
2	Тип РВЗ	-
3	Численность населения прошедшего тестирование на выявление РВЗ	чел.
4	Численность полностью вакцинированных от РВЗ	чел.
5	Численность ревакцинированных от РВЗ	чел.
6	Общая численность зараженных	чел.
7	Общая численность госпитализированных инфекционных больных	чел.
8	Общая численность госпитализированных инфекционных больных, с необходимостью кислородного обеспечения	чел.

№ п/п	Наименование параметра	Ед. измерения
9	Общая численность госпитализированных инфекционных больных с необходимостью подключения к аппаратам ИВЛ (или аналогичным аппаратам)	чел.
10	Общая численность госпитализированных инфекционных больных в отделение ОРИТ	чел.
11	Общая численность выздоровевших от РВЗ	чел.
12	Общая численность умерших от РВЗ	чел.
13	Численность умерших от болезней органов дыхания за месяц	чел.
14	Численность умерших от болезней системы кровообращения за месяц	чел.
15	Численность умерших от новообразований за месяц	чел.
16	Индекс самоизоляции населения	-
17	Перечень введенных ограничительных мер на НТ от РВЗ	-
18	Период действия ограничительных мер	дней

Входными данными, характеризующими прогноз распространения ЭРВЗ в НП, являются:

а) расчетная общая численность госпитализированных инфекционных больных, чел.;

б) расчетная общая численность госпитализированных, инфицированных РВЗ, с необходимостью кислородного обеспечения, чел.;

в) расчетная общая численность госпитализированных инфекционных больных с необходимостью подключения к аппаратам ИВЛ (или аналогичным аппаратам), чел.

Входные данные, характеризующие прогноз распространения ЭРВЗ в НП, определяются с использованием применяемых в практике апробированных методик и моделей.

10.3. Определение показателей обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи и показателей смертности в период распространения эпидемии

К показателям обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи на территории НП в период распространения ЭРВЗ относятся [85]: показатель обеспеченности коечным фондом госпитализированных инфекционных больных; показатель обеспеченности кислородными концентраторами; показатель обеспеченности коечным фондом интенсивной терапии; показатель обеспеченности аппаратами ИВЛ (или аналогичными аппаратами); показатель обеспеченности медучреждений старшим медицинским персоналом; показатель обеспеченности медучреждений средним медицинским персоналом.

К показателям смертности в период распространения ЭРВЗ и в условиях отсутствия ЭРВЗ относятся: показатель смертности по причинам болезней органов дыхания в период распространения ЭРВЗ; показатель смертности по причинам болезней системы кровообращения в период распространения ЭРВЗ; показатель смертности по причинам новообразований в период распространения ЭРВЗ; общий показатель смертности по причинам болезней органов дыхания, болезней системы кровообращения и новообразований в период распространения ЭРВЗ (в условиях отсутствия ЭРВЗ).

Показатель обеспеченности коечным фондом госпитализированных инфекционных больных ($I_{иб}$) определяется по формуле:

$$I_{иб} = \frac{K_{к.ил}}{K_{ги}}, \quad (183)$$

где:

$K_{к.ил}$ — количество коек для госпитализированных инфекционных больных, ед.;

$K_{ги}$ — общая численность госпитализированных инфекционных больных, чел.

Показатель обеспеченности кислородными концентраторами ($I_{кк}$) определяется по формуле:

$$I_{\text{кк}} = \frac{K_{\text{к.кк}}}{K_{\text{кк}}}, \quad (184)$$

где:

$K_{\text{к.кк}}$ — количество кислородных концентраторов, ед.;

$K_{\text{кк}}$ — общая численность госпитализированных, инфицированных РВЗ, с необходимостью кислородного обеспечения, чел.

Показатель обеспеченности коечным фондом интенсивной терапии ($I_{\text{ит}}$) определяется по формуле:

$$I_{\text{ит}} = \frac{K_{\text{к.ит}}}{K_{\text{тб}}}, \quad (185)$$

где:

$K_{\text{к.ит}}$ — количество коек в ОРИИТ, ед.;

$K_{\text{тб}}$ — общая численность госпитализированных инфекционных больных в ОРИИТ, чел.

Показатель обеспеченности аппаратами ИВЛ (или аналогичными аппаратами) ($I_{\text{ивл}}$) определяется по формуле:

$$I_{\text{ивл}} = \frac{K_{\text{а. ивл}}}{K_{\text{ивл}}}, \quad (186)$$

где:

$K_{\text{а.ивл}}$ — количество аппаратов ИВЛ (или аналогичных аппаратов), ед.;

$K_{\text{ивл}}$ — общая численность госпитализированных инфекционных больных с необходимостью подключения к аппаратам ИВЛ (или аналогичным аппаратам), чел.

Показатель обеспеченности медучреждений старшим медицинским персоналом ($I_{\text{стмп}}$) определяется по формуле:

$$I_{\text{стмп}} = \frac{K_{\text{стмп}}}{K_{\text{ги}}}, \quad (187)$$

где:

$K_{\text{стмп}}$ — показатель старшего медицинского персонала, чел.;

$K_{\text{ги}}$ — общая численность госпитализированных инфекционных больных, чел.

Показатель обеспеченности медучреждений средним медицинским персоналом ($I_{\text{срмп}}$, ед. на 1000 чел.) определяется по формуле:

$$I_{\text{срмп}} = \frac{K_{\text{срмп}}}{K_{\text{ги}}}, \quad (188)$$

где:

$K_{\text{срмп}}$ — показатель среднего медицинского персонала, чел.;

$K_{\text{ги}}$ — общая численность госпитализированных инфекционных больных, чел.

Показатель смертности по причине болезней органов дыхания ($I_{\text{сод}}$, ед. на 1000 чел.) определяется по формуле:

$$I_{\text{сод}} = \frac{K_{\text{сод}}}{K_{\text{нп}}} \cdot 1000, \quad (189)$$

где:

$K_{\text{сод}}$ — численность умерших по причине болезней органов дыхания за месяц, чел.;

$K_{\text{нп}}$ — численность населения НП, чел.

Показатель смертности по причине болезней системы кровообращения ($I_{\text{сбк}}$, ед. на 1000 чел.) определяется по формуле:

$$I_{\text{сбк}} = \frac{K_{\text{сбк}}}{K_{\text{нп}}} \cdot 1000, \quad (190)$$

где:

$K_{\text{сбк}}$ — численность умерших по причине болезней системы кровообращения за месяц, чел.;

$K_{\text{нп}}$ — численность населения НП, чел.

Показатель смертности по причине новообразований ($I_{\text{сн}}$) определяется по формуле:

$$I_{\text{сн}} = \frac{K_{\text{сн}}}{K_{\text{нп}}} \cdot 1000, \quad (191)$$

где:

$K_{\text{сн}}$ — численность умерших по причине новообразований за месяц, чел.;

$K_{\text{нп}}$ — численность населения НП, чел.

Общий показатель смертности по причинам болезней органов дыхания, болезней системы кровообращения и новообразований в период распространения ЭРВЗ определяется по формуле:

$$I_{\text{см}} = I_{\text{сод}} + I_{\text{сбк}} + I_{\text{сн}}, \quad (192)$$

где:

$I_{\text{сод}}$ — показатель смертности по причине болезней органов дыхания, ед. на 1000 чел.;

$I_{\text{сбк}}$ — показатель смертности по причине болезней системы кровообращения, ед. на 1000 чел.;

$I_{\text{сн}}$ — показатель смертности по причине новообразований, ед. на 1000 чел.

В МКП вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы, для анализа следующих параметров:

показатель обеспеченности коечным фондом госпитализированных инфекционных больных;

показатель обеспеченности кислородными концентраторами;

показатель обеспеченности коечным фондом интенсивной терапии;

показатель обеспеченности аппаратами ИВЛ (или аналогичными аппаратами);

показатель обеспеченности медучреждений старшим медицинским персоналом;

показатель обеспеченности медучреждений средним медицинским персоналом.

В МСП вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат гипотезы, аналогичные гипотезам для МКП, а также гипотезы для прогнозирования динамики общего показателя смертности по причинам болезней органов дыхания, болезней системы кровообращения и новообразований на КТ в период распространения ЭРВЗ.

В МКП, при получении сведений о текущем уровне обеспеченности населения ресурсами медицинской помощи в НП, а также о текущей эпидемиологической обстановке, осуществляются следующие действия:

1. С использованием применяемых в практике апробированных методик и моделей подготавливается прогноз распространения ЭРВЗ в НП на каждые сутки в течение ближайших 10 дней.

2. На основе подготовленного прогноза определяются расчетные показатели обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи на каждые сутки в течение ближайших 10 дней.

3. С использованием байесовского классификатора для каждого расчетного показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи определяются его отклонения от прогнозируемых значений через каждые сутки в течение ближайших 10 дней, и, как следствие, непосредственные прогнозируемые значения данного показателя на соответствующий период.

4. Для каждого показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи на основе его прогнозируемых значений определяется уровень через каждые сутки в течение ближайших 10 дней.

5. На основе прогнозируемых значений показателей обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи определяется общий уровень обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи через каждые сутки в течение ближайших 10 дней.

В МСП, при получении сведений о текущем уровне обеспеченности населения ресурсами медицинской помощи в НП, а также о текущей эпидемиологической обстановке, осуществляются следующие действия:

1. С использованием применяемых в практике апробированных методик и моделей подготавливается прогноз распространения ЭРВЗ в НП через месяц от начала прогнозирования.

2. На основе подготовленного прогноза определяются расчетные показатели обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи через месяц от начала прогнозирования.

3. С использованием байесовского классификатора для каждого расчетного показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи определяется его отклонение от прогнозируемого значения через месяц от начала прогнозирования, и, как следствие, непосредственное прогнозируемое значение данного показателя через месяц от начала прогнозирования.

4. Для каждого показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи на основе его прогнозируемого значения через месяц от начала прогнозирования определяется уровень обеспеченности.

5. На основе прогнозируемых значений показателей обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи через месяц от начала прогнозирования определяется общий прогнозируемый уровень обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи.

6. С использованием байесовского классификатора определяется прогнозируемая динамика уровня смертности через месяц от начала прогнозирования.

Качественная характеристика уровня каждого показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи определяется по табл. 98.

Таблица 98

Критерии определения уровня показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи

Значение уровня	Состояние обеспеченности	Критерии определения уровня
1	Высокое	Значение показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи — от 0,9 включительно и более
2	Умеренное	Значение показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи — от 0,6 включительно и не более 0,9
3	Ниже среднего	Значение показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи — от 0,4 включительно и не более 0,6
4	Низкое	Значение показателя обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи — менее 0,4

Общий уровень обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи, по состоянию на определенную дату, определяется по наихудшему значению показателей обеспеченности системы оказания медицинской помощи, по состоянию на указанную дату.

10.4. Выходные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

Согласно [84] выходными данными ПАМ-ЭРВЗ при краткосрочном прогнозировании являются:

вероятностная оценка уровня обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи в период эпидемии (пандемии) вирусных респираторных заболеваний;

вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом инфекционных больных в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности старшим медицинским персоналом в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности средним медицинским персоналом в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом интенсивной терапии в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности аппаратами инвазивной вентиляции легких (и аналогичных аппаратов) в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом обеспеченным кислородным концентраторам в период распространения ЭРВЗ.

Выходными данными ПАМ-ЭРВЗ при среднесрочном прогнозировании являются:

вероятностная оценка обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи в период ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом инфекционных больных в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности старшим медицинским персоналом в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности средним медицинским персоналом в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом интенсивной терапии в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности аппаратами инвазивной вентиляции легких (и аналогичных аппаратов) в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка обеспеченности кислородным концентраторам в период распространения ЭРВЗ;

вероятностная оценка возможности увеличения смертности в период эпидемии (пандемии) вирусных респираторных заболеваний от болезней органов дыхания;

вероятностная оценка возможности увеличения общего показателя смертности в период эпидемии (пандемии) вирусных респираторных заболеваний;

вероятностная оценка возможности увеличения смертности в период эпидемии (пандемии) вирусных респираторных заболеваний от болезней кровообращения;

вероятностная оценка возможности увеличения смертности в период эпидемии (пандемии) вирусных респираторных заболеваний от новообразований.

Заключение

Таким образом, в данной монографии рассмотрены основные прогнозные и аналитические модели в области природных, техногенных и биолого-социальных угроз безопасности жизнедеятельности населения, полученные в рамках выполнения НИОКР «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением» в 2020–2022 годах.

Научная новизна разработанных прогнозных и аналитических моделей в области природных, техногенных и биолого-социальных угроз безопасности жизнедеятельности населения заключается в едином научном подходе к их созданию, а именно: в применении метода статистической обработки, основанного на теореме Байеса.

Прогнозные и аналитические модели с использованием байесовских классификаторов могут использоваться для широкого спектра часто проявляющихся угроз и связанных с ними кризисных ситуаций и/или происшествий.

Для эффективного реагирования на угрозы разработанные прогнозные и аналитические модели обеспечивают:

многофакторный мультивариантный анализ вероятностей их возникновения;

расчет значений параметров развития угроз на контролируемой территории;

уточнение расчетных параметров последствий угроз на контролируемой территории на основе информации, поступающей с различных систем мониторинга, и выявления угроз в режиме времени, близкому к реальному.

При этом байесовские классификаторы в общем случае обеспечивают возможность практического применения моделей для среднесрочного и краткосрочного прогноза угроз.

Байесовская вероятность на сегодняшний день развивается как основной метод прогнозирования с точки зрения построения и обучения нейронных сетей, в отличие от частотной вероятности (именно на ней основана сегодняшняя теория вероятности и статистики) — когда

вероятность определяется относительной частотой появления случайного события при достаточно длительных наблюдениях. Для большинства задач «Безопасного города» байесовские классификаторы дают лучший результат нежели методы, основанные на частотной вероятности.

Как видно из общего алгоритма применения метода Байеса и байесовских сетей, для научного прогнозирования кризисных ситуаций и происшествий в природной, техногенной и биолого-социальной сферах требуется большое количество актуальных данных для моделирования аварий и стихийных бедствий, что характерно для часто повторяющихся негативных событий.

Именно поэтому внедрение прогнозных и аналитических моделей должно осуществляться поэтапно:

опытная эксплуатация на тестовых данных;

опытная эксплуатация на данных объективного контроля территорий, поступающих с технических систем мониторинга в режиме времени, близкому к реальному;

промышленная эксплуатация.

На стадии опытной эксплуатации на тестовых данных осуществляются проверка соответствия моделей предъявляемым в техническом задании требованиям, доработка при необходимости программного обеспечения и документации. В качестве тестовых данных используются синтетические данные, которые не получены прямым измерением с помощью технических систем мониторинга, при этом по структуре соответствующие предъявляемым к ним требованиям.

На этапе опытной эксплуатации моделей на данных объективного контроля территорий, поступающих с технических систем мониторинга в режиме времени, близкому к реальному, осуществляются:

1) определение источников получения требуемых наблюдаемых параметров в режиме времени, близкому к реальному (технические системы мониторинга объектов и территорий, государственные и иные информационные системы и т. д.);

2) подготовка необходимых цифровых карт в форматах ГИС;

3) переобучение и дообучение моделей на базе наблюдаемых параметров в режиме времени, близкому к реальному, и цифровых карт;

4) оценка точности прогнозов, результатов их анализа и интерпретации, при необходимости — уточнение исходных данных, обучающего множества.

Именно на данном этапе стоит задача реализовать лучшие технологии в области мониторинга угроз и создания безопасной и комфортной среды жизнедеятельности, в том числе с учетом необходимости реализации государственной политики по импортозамещению и возможности использовать оборудование и технологии двойного назначения.

Таким образом, внедрение прогнозных и аналитических моделей, разработанных в рамках НИОКР, способствует разработке российских решений в области мониторинга и контроля, обеспечивающих передачу в модели соответствующей информации с оконечных устройств контроля.

Методы Байеса не применимы для катастрофических ЧС, происходящих редко, но с большим ущербом. В этом случае используются методы нелинейной математики, в частности, теории катастроф и динамического хаоса [86–90].

Литература

1. Поручение Президента Российской Федерации от 26 сентября 2005 г. № Пр-1564 «О создании государственной системы профилактики правонарушений МВД России».
2. Поручение Президента Российской Федерации от 27 мая 2014 г. № Пр-1175 «О разработке общей концепции построения и развития аппаратно-программных комплексов «Безопасный город».
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р «Об утверждении Концепции построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город».
4. Официальный сайт АПК «Безопасный город»: <https://apkg.info>.
5. Единые требования к техническим параметрам сегментов аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» (утверждены 28 июня 2017 г. заместителем Председателя Правительства Российской Федерации).
6. Техническое задание на научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогноз-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением» (НИОКР «Безопасный город», 2020–2022 гг.).
7. *Науменко А.П., Кудрявцева И.С., Одинец А.И.* Вероятностно-статистические методы принятия решений. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2018. 85 с.
8. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшее образование. 2005.
9. *Judea Pearl.* Causality: Models, Reasoning, and Inference. 2-nd Edition. Cambridge University Press, 2009. 464 p. ISBN 9780521895606.
10. ГОСТ Р 22.1.ХХ-202Х. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ТИПОВАЯ ПРОГНОЗНАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА БАЙЕСА. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.
11. ГОСТ Р 22.0.03-2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. ПРИРОДНЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ. Термины и определения.
12. *Акимов В.А., Олтян И.Ю., Иванова Е.О.* Методика ранжирования чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера по степени их катастрофичности // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 1 (67). С. 4–7.
13. *Акимов В.А., Олтян И.Ю., Иванова Е.О.* Ранжирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера по социально-экономическим показателям их катастрофичности // Материалы V МНПК по ГО. Ч. IV. М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. С. 199–204.
14. *Alexander M.E.* Models for predicting crown fire behavior//V Short Course on Fire Behaviour, Figueira da Foz, Portugal. Association for the Development of Industrial Aerodynamics, Forest Fire Research Centre, 2006. P. 173–225.
15. *Van Wagner C.E.* Conditions for the start and spread of crown fire // Canadian Journal of Forest Research. 1977. Vol. 7. No. 1. P. 23–34.
16. *Weber R.O.* Modeling fire spread through fuel beds//Prog. Everg. Combust. Sci., 1990. Vol. 17. P. 65–82.

17. *Гришин А.М.* Математические модели лесных пожаров. Томск: Изд-во ТГУ, 1981. 278 с.
18. *Конев Э.В.* Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск: Наука, 1977. 239 с.
19. *Курбатский И.П., Телицын Г.П.* Современная теория распространения лесных низовых пожаров // Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск, 1976. С. 90–96.
20. *Доррер Г.А.* Математические модели динамики лесных пожаров. М.: Лесная промышленность, 1979. 161 с.
21. *Гришин А.М.* Общая математическая модель лесных пожаров и ее приложения для охраны и защиты лесов // Сопряженные задачи механики и экологии: Избранные доклады международной конференции. 2000. С. 88–137.
22. *Кулешов А.А.* Математические модели лесных пожаров // Математическое моделирование. 2002. Т. 14. № 11. С. 33–42.
23. *Акимов В.А., Бедило М.В., Суцев С.П.* Исследование чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера современными научными методами: Монография. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 180 с.
24. *Акимов В.А.* Приложения общей теории безопасности к исследованию чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. Спецвыпуск. С. 12–27.
25. *Котельников Р.В., Семенов В.Л., Щетинский В.Е.* Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз): Учебное пособие. М.: ФБУ «Авиалесоохрана», 2015. 386 с.
26. Методика прогнозной и аналитической модели «Лесной пожар». М.: ООО НЦИ, 2022. 107 с.
27. ГОСТ Р 22.1.ХХ-202Х. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ. Общие требования.
28. *Акимов В.А., Колеганов С.В., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: оценка вероятности ЧС // Гражданская защита. 2022. № 5 (561). С. 36–38.
29. *Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования лесных пожаров и наводнений // Гражданская защита. 2022. № 6 (562). С. 41–44.
30. *Акимов В.А., Бедило М.В., Иванова Е.О.* Крупные природные пожары как источники чрезвычайных ситуаций природного характера // Технологии гражданской безопасности. 2022. № 2 (72). С. 11–13.
31. *Баровик Д.В., Таранчук В.Б.* Компьютерная модель, примеры анализа распространения низовых лесных пожаров // Проблемы физики, математики и техники. 2020. № 4 (45). С. 113–120.
32. Россия в борьбе с катастрофами. Кн. 1. IX-XIX века. М.: Деловой экспресс, 2007. 288 с.
33. Россия в борьбе с катастрофами. Кн. 2. XX–начало XXI века. М.: Деловой экспресс, 2007. 272 с.
34. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ и обеспечение защищенности от чрезвычайных ситуаций. М.: МГОФ «Знание», 2021. 500 с.

35. *Акимов В.А., Бедило М.В., Иванова Е.О.* Опасные геофизические явления и процессы как источники чрезвычайных ситуаций природного характера: модель среднесрочного прогнозирования землетрясений // Технологии гражданской безопасности. 2022. С. 20–23.
36. *Акимов В.А., Диденко С.Л., Смирнов А.С.* Научные основы общей теории безопасности жизнедеятельности / Под ред. А.П. Чуприяна / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. 252 с.
37. *Арсеньев С.А.* Землетрясения с точки зрения теории катастроф // Триггерные эффекты в геосистемах, 2017. С. 52–59.
38. Отчет о НИОКР «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением». Формирование научно-технической основы по предметной области АПК «Безопасный город» по теме: ПРОГНОЗНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПО ОСНОВНЫМ ВИДАМ УГРОЗ, ОПИСАННЫМ В КОНЦЕПЦИИ – 2 ОЧЕРЕДЬ. КН. 4. Общее описание типовой прогнозной и аналитической модели // ООО НЦИ, 2021. 66 с.
39. ГОСТ Р 22.1.ХХ-202Х. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ. Общие требования.
40. Методика прогнозной и аналитической модели «Землетрясение». М.: ООО НЦИ, 2021. 50 с.
41. *Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования землетрясений // Гражданская защита. 2022. № 7 (563). С. 51–53.
42. *Акимов В.А., Бедило М.В., Суцев С.П.* Опасные гидрологические явления и процессы как источники чрезвычайных ситуаций природного характера: вербальная модель // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 4 (70). С. 4–8.
43. Природные опасности России. Т. 6. Оценка и управление природными рисками. М.: КРУК, 2003. 320 с.
44. Отчет о НИОКР «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением». Формирование научно-технической основы по предметной области АПК «Безопасный город» по теме: ПРОГНОЗНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПО ОСНОВНЫМ ВИДАМ УГРОЗ, ОПИСАННЫМ В КОНЦЕПЦИИ – 2 ОЧЕРЕДЬ. КН. 6. Описание методики прогнозной и аналитической модели «Наводнение в рамках территории муниципального образования» // ООО НЦИ, 2021. 338 с.
45. *Мотовилов Ю.Г.* Система физико-математических моделей формирования речного стока и ее применение в задачах гидрологических расчетов и прогнозов: Автореферат диссертации на соискание уч. ст. доктора геогр. наук, М.: ИВП РАН, 2018. 43 с.
46. *Мотовилов Ю.Г., Гельфан А.Н.* Модели формирования стока в задачах гидрологии речных бассейнов. М.: ИВП РАН, 2018. 300 с.
47. ГОСТ Р 22.1.ХХ-202Х. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАВОДНЕНИЙ. Общие требования.

48. Методика прогнозной и аналитической модели «Наводнение в рамках территории муниципального образования». М.: ООО НЦИ, 2022. 197 с.
49. Постановление Ростехнадзора России от 5 июня 2003 г. № 51 «Об утверждении методических рекомендаций по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов».
50. Постановление Ростехнадзора России от 4 ноября 2000 г. № 65 «Об утверждении методики расчета зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий».
51. Доклад о состоянии теплоэнергетики и централизованного теплоснабжения в Российской Федерации в 2019 году. Минэнерго России, ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России, 2020.
52. *Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения // *Гражданская защита*. 2022. № 8 (564). С. 33–35.
53. ГОСТ Р 22.1.XX-202X. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасный город. Прогнозирование последствий отключения теплоснабжения. Общие требования.
54. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении».
55. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 февраля 2012 г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения».
56. Методика прогнозной и аналитической модели «Отключение теплоснабжения» // ООО «Национальный центр информатизации», 2022. 104 с.
57. СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003.
58. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 г. № 511-р.
59. *Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования последствий отключения электроснабжения // *Гражданская защита*. 2022. № 9 (565).
60. Методика прогнозной и аналитической модели «Отключение электроснабжения» // ООО «Национальный центр информатизации», 2022. 21 с.
61. ГОСТ Р 22.1.XX-202X. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасный город. Прогнозирование последствий отключения электроэнергии. Общие требования.
62. *Акимов В.А., Мишурный А.В.* Аварии на системах электроснабжения: определение индекса приоритета восстановления электроснабжения // *Технологии гражданской безопасности*. 2022. № 4 (74).
63. *Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И.* Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. Изд. 2-е. М.: Институт риска и безопасности, 2007. 375 с.
64. *Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов в гидросферу // *Гражданская защита*. 2022. № 8 (564). С. 35–36.

65. ГОСТ Р 22.1.XX-202X. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ГИДРОСФЕРУ. Общие требования.
66. Методика прогнозной и аналитической модели «Разлив нефти и нефтепродуктов». М.: ООО НЦИ, 2021. 109 с.
67. *Акимов В.А., Соколов Ю.И.* Риски при обращении с отходами производства и потребления / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014. 372 с.
68. Методика прогнозной и аналитической модели «Сброс жидких технологических отходов в гидросферу». М.: ООО НЦИ, 2021. 172 с.
69. *Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу // Гражданская защита. 2022. № 9 (565). С. 61–62.
70. ГОСТ Р 22.1.XX-202X. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ СБРОСА ЖИДКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ГИДРОСФЕРУ. Общие требования.
71. Р 52.24.627-2007 «Рекомендации. Усовершенствованные методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ».
72. *Акимов В.А., Иванова Е.О., Мишурный А.В.* АПК «Безопасный город»: исходные данные для прогнозирования последствий выброса химически опасных веществ в окружающую среду // Гражданская защита. № 7 (563), 2022. С. 53–54.
73. Методика прогнозной и аналитической модели «Выброс химически опасных веществ в окружающую среду». М.: ООО НЦИ, 2021. 229 с.
74. ГОСТ Р 22.1.XX-202X. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. Общие требования.
75. ГОСТ Р 22.0.04-2020. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БИОЛОГО - СОЦИАЛЬНЫЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ. Термины и определения.
76. *Акимов В.А., Диденко С.Л., Олтян И.Ю.* Моделирование биолого-социальных чрезвычайных ситуаций с использованием эпидемиологической модели SIR // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 4 (66). С. 4–8.
77. *Акимов В.А., Бедило М.В., Иванова Е.О.* Математические модели эпидемий и пандемий как источников чрезвычайных ситуаций биолого-социального характера // Технологии гражданской безопасности. № 3 (73). 2022. С. 10–15.
78. *Siettos C.I., Russo L.* Mathematical modeling of infectious disease dynamics // Virulence. 2013. Vol. 4. No. 4. P. 295–306.
79. *Höhle M., Paul M.* Count data regression charts for the monitoring of surveillance time series // Comput Stat Data Anal. 2008. Vol. 52. P. 4357–4368.
80. *Chan E.H., Sahai V., Conrad C., Brownstein J.S.* Using web search query data to monitor dengue epidemics: a new model for neglected tropical disease surveillance // PLoSNegl Trop Dis. 2011. Vol. 5.
81. *Vacaër Nicolas.* A Short History of Mathematical Population Dynamics / Nicolas Vacaër. London: Springer, 2011. 170 p.
82. *Йеймс Кум.* Математика жизни и смерти. М.: Бомбора, 2020. 350 с.

83. *Акимов В.А., Диденко С.Л., Олтян И.Ю.* Нелинейная наука для исследования аварий, катастроф и стихийных бедствий. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020, 134 с.
84. Методика прогнозной и аналитической модели «Вирусная эпидемия (пандемия)». М.: ООО НЦИ, 2021. 91 с.
85. ГОСТ Р 22.1.ХХ-202Х. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ МАССОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЮДЕЙ. Общие требования.
86. Безопасность России. Человеческий фактор в проблемах безопасности. М.: МГФ «Знание», 2008. 687 с.
87. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Системные исследования чрезвычайных ситуаций. М.: Общество «Знание», 2015. 864 с.
88. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Научные основы техногенной безопасности. М.: МГОФ «Знание», 2015. 936 с.
89. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Сводный том. Фундаментальные и прикладные проблемы комплексной безопасности. М.: МГОФ «Знание», 2017. 992 с.
90. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность. М.: МГОФ «Знание», 2018. 1016 с.

Приложение 1

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
на выполнение научно-исследовательской
и опытно-конструкторской работы
«Разработка единых стандартов, функциональных,
технических требований и прогнозно-аналитических
решений аппаратно-программного комплекса
«Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым
и методическим обеспечением» (шифр — НИОКР
«Безопасный город»)

(пункт 19 раздела II Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов, утвержденного приказом МЧС России от 29.04.2020 г. № 274)

Москва 2020

Глоссарий

- В настоящем техническом задании в целях выполнения НИОКР «Безопасный город» используются следующие понятия и определения:
- «автоматизированная система» — система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций;
 - «автоматизированное рабочее место АПК «Безопасный город» — аппаратно-программный комплекс автоматизированных и информационных систем, предназначенный для автоматизации деятельности участника АПК «Безопасный город»;
 - «аппаратно-программный комплекс «Безопасный город» — совокупность информационных технологий и информационных систем в области обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, объединенных в единое информационное пространство на базе общих стандартов межведомственного и межсистемного взаимодействия и единой технической политики;
 - «анализ риска» — систематическое использование информации для определения источников риска и количественной оценки риска;
 - «аналитическая модель» — математическая модель, свойства объекта моделирования в которой описываются системой уравнений, для которой может быть найдено аналитическое решение в явном виде, а также системой зависимостей, записанных в виде алгебраических, интегральных, дифференциальных, конечно-разностных и иных соотношений и логических условий;
 - «апробация» — предэксплуатационная проверка в действии теоретически обоснованных научных гипотез и технических решений, используемых и полученных в ходе выполнения НИОКР, а также оценка эффективности практической реализации;
 - «атомарная единица» — операция (действие), описанные в сценариях реагирования в соответствии с онтологической моделью, данная операция (действие) либо выполняется целиком, либо не выполняется вовсе;
 - «взаимодействие автоматизированных систем» — обмен данными: командами и сигналами между функционирующими автоматизированными системами;

- «внешние факторы» — факторы, оказывающие влияние на состояние социально-экономической системы, включающей субъекты (людей и организационно-технические системы), материальные системы (объекты жилых, общественных и административных зданий, объекты промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, технические сооружения и системы коммунального хозяйства, системы водоотведения, природные ресурсы и др.), а также информация о предполагаемом будущем состоянии социально-экономической системы, полученном на основании результатов расчетов прогнозных и аналитических моделей;
- «геоинформационная система» — информационная система, оперирующая пространственными данными;
- «государственная информационная система» — система, созданная в целях реализации полномочий государственных органов и обеспечения обмена информацией между этими органами, а также в иных установленных федеральными законами целях;
- «дистанционное зондирование Земли» — процесс получения информации о поверхности Земли, объектах, расположенных на ней или в ее недрах, с использованием наземных, авиационных и космических средств;
- «единый стек открытых протоколов АПК «Безопасный город» — иерархически организованный набор протоколов передачи данных, обеспечивающих организацию взаимодействия узлов в сети, а также формализацию форматов, правил и регламентов взаимодействия между всеми участниками информационного обмена в рамках АПК «Безопасный город»;
- «единая дежурно-диспетчерская служба» — орган повседневного управления местного (городского) звена единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), являющийся центральным звеном в единой системе оперативно-диспетчерского управления в чрезвычайных ситуациях;
- «идентификация риска» — процесс определения, составления перечня и описания источников риска, событий, их причин и возможных последствий;

- «интерфейс» — совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств вычислительной машины или системы обработки информации и (или) программы;
- «информационная модель» — модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде совокупности элементов данных и отношений между ними;
- «информационный шум» — неотфильтрованный поток информации, в котором полезность полученных данных уменьшается прямо пропорционально количеству этих данных;
- «информационно-коммуникационная инфраструктура» — совокупность территориально распределенных государственных и корпоративных информационных систем, сетей связи, средств коммутации и управления информационными потоками, а также организационных структур, нормативных правовых механизмов регулирования, обеспечивающих их эффективное функционирование;
- «информационно-управленческая технология» — совокупность методов и средств поиска, сбора, обработки, хранения, передачи и защиты информации и знаний, применяемых для обоснования управленческих решений на основе использования программного обеспечения, средств вычислительной и телекоммуникационной техники;
- «испытательный стенд АПК «Безопасный город» — совокупность аппаратных, программных и организационных компонентов, назначением которых является обеспечение апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем по построению и развитию АПК «Безопасный город», разрабатываемых в ходе научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и их опытной эксплуатации, а также организации визуализации и методического сопровождения сегментов АПК «Безопасный город» и возможностей работы его функциональных систем и подсистем в тестовой среде;
- «компьютерная (вычислительная) среда» — совокупность программных и аппаратных средств для реализации определенной концепции вычислений, в том числе интегрированные распределенные компьютерные системы традиционные (локальные), web-ориентированные вычислительные среды (включая среды для облачных вычислений) и встроенные (embedded) вычислительные среды;

- «комплекс технических средств АПК «Безопасный город» — совокупность всех средств автоматизированной системы или ее отдельного объекта, за исключением персонала;
- «компонент» — составной элемент внутри системы, имеющей дискретную структуру;
- «конвертер (адаптер)» — элемент, обеспечивающий сопряжение и взаимодействие двух или более внешних автоматизированных информационных систем через специально созданный интерфейс;
- «математическая модель» — модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений;
- «научно-техническая продукция» — научный или научно-технический результат, в том числе результат интеллектуальной деятельности;
- «обеспечение общественной безопасности» — реализация определяемой государством системы политических, организационных, социально-экономических, информационных, правовых и иных мер, направленных на противодействие преступным и иным противоправным посягательствам, а также на предупреждение, ликвидацию и (или) минимизацию последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- «объекты и субъекты защиты» — люди, природно-хозяйственные, природно-территориальные комплексы и экосистемы, организационно-технические системы, а также отдельные важные хозяйственные и иные объекты, которые относятся к чувствительным реципиентам угроз криминогенного, террористического, техногенного, природного и экологического характера;
- «онтологическая модель» — концептуальная модель, позволяющая структурировать и анализировать информацию в конкретной предметной области;
- «онтологическая модель данных АПК «Безопасный город» — выполненная в компьютерной (вычислительной) среде на языке описания онтологий целостная модель АПК «Безопасный город», представленная как единая крупномасштабная социотехническая система, концептуально описывающая и структурирующая унифицированным образом понятия, правила, классы, функции, деятельность участников АПК «Безопасный город» и связи между ними;

- «онтология АПК «Безопасный город» — формальное описание (спецификация и классификация) понятий и правил, утверждений об этих понятиях, с помощью которых можно формировать отношения, классы, функции и прочие сущности в области обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;
- «опытная эксплуатация» — испытания, проводимые с целью определения фактических значений количественных и качественных характеристик объекта опытной эксплуатации и готовности персонала к работе с ним, определения его фактической эффективности, корректировки (при необходимости) документации;
- «организационная единица, привлекаемая к предупреждению либо реагированию на угрозу» — организационно-техническая система (орган публичной власти, служба, организация, отдельные лица в совокупности с техническими и организационными средствами) или организованный по профессиональным признакам коллектив людей, технические средства и информационные системы, инженерные сооружения и различного рода другие объекты целенаправленной деятельности людей, выполняющие определенные функциональные задачи, обеспечивающие решение задач комплексного мониторинга состояния систем обеспечения безопасности граждан, а также реагирование на угрозы общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности;
- «организационно-техническая система» — множество взаимосвязанных материальных объектов (технических средств и персонала, обеспечивающего их функционирование и применение по назначению), предназначенных для непосредственного выполнения возлагаемой операции или задачи;
- «организационные единицы» — организационно-технические системы (органы публичной власти, службы, организации и предприятия, отдельные лица в совокупности с техническими и организационными средствами) или организованные по профессиональным признакам коллективы людей, технические средства и информационные системы, инженерные сооружения и другие объекты целенаправленной деятельности людей;

- «оценка риска» — процесс, охватывающий идентификацию риска, анализ риска и сравнительную оценку риска;
- «оценка угрозы» — процесс, охватывающий оценку рисков, связанных с угрозой;
- пилотный субъект Российской Федерации (пилотный регион) — субъект Российской Федерации, для которого разрабатывается программа опытной эксплуатации по апробации результатов НИОКР, включая предоставление ряда функций по построению прогнозных и аналитических моделей, а также сценариев реагирования на угрозы, реализованных в компьютерной среде;
- «природно-хозяйственная система» — объективно существующая часть природной среды, освоенная человеком, в пространственно-временных границах которой осуществляется хозяйственная и иная деятельность, поддерживается благоприятная окружающая среда и условия комфортной жизнедеятельности населения;
- «проверка адекватности компьютерной модели» — совокупность действий с моделью, результатом которых является подтверждение ее соответствия моделируемому объекту реального мира;
- «прогнозная модель» — математическая или информационная модель объекта прогнозирования, исследование которой позволяет получить информацию о возможных состояниях объекта в будущем и (или) путях и сроках их осуществления;
- «прогнозные и аналитические модели АПК «Безопасный город» — модели, выполненные в компьютерной (вычислительной) среде, позволяющие моделировать развитие кризисных ситуаций и происшествий и их последствия по основным видам угроз АПК «Безопасный город»;
- «программа и методика проведения опытной эксплуатации» — документ, устанавливающий необходимый и достаточный объем испытаний, обеспечивающий заданную достоверность получаемых результатов;
- «протокол» — набор правил, описывающих метод передачи информации по сети. Протоколы управляют форматом, временем передачи данных и исправлением ошибок, возникающих при передаче;

- «регламент» — совокупность правил, определяющих порядок работы;
- «регламент взаимодействия автоматизированных систем» — нормативный документ, определяющий правила, порядок и основные процедуры, связанные с процессами приема и передачи информации в электронной форме по телекоммуникационным каналам связи между автоматизированными системами;
- «репрезентативная выборка» — соответствие характеристик выборки характеристикам популяции или генеральной совокупности в целом;
- «семантическая модель данных» — концептуальная модель, позволяющая описать смысл информации, которой обмениваются участники какой-либо системы, с ее помощью они могут интерпретировать смысл (семантику) данных;
- «сервисная шина обмена данными» — сервер соединений для конвертеров (адаптеров) и инструмент обеспечения взаимодействия между источниками и получателями информации, основными задачами которой являются: организация взаимодействия между системами на основе сервисов, включая их публикацию, объединение и использование, взаимодействие с различными источниками данных и информационными системами, унификация структуры полученных разнородных данных, обеспечение гибкости и скорости реализации новых сценариев взаимодействия;
- «силы и средства реагирования» — специально подготовленные силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций и общественных объединений, предназначенные и выделяемые (привлекаемые) для предупреждения и ликвидации кризисной ситуации или происшествия в области общественной безопасности, правопорядка и безопасности жизнедеятельности;
- «система мониторинга» — система, предназначенная для осуществления непрерывно или с заданной периодичностью контроля (наблюдение, измерение, фиксация) и анализа обобщенных параметров состояния объектов с целью подготовки необходимых решений для предупреждения и ликвидации негативных последствий кризисных ситуаций и происшествий в области общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

- «система эргатического характера» — это сложная система управления, составной элемент которой — человек-оператор (или группа операторов) единой дежурно-диспетчерской службы;
- «система эрготехнического характера» — разновидность эргатической системы, включающей в свой состав в качестве обязательного компонента технические устройства;
- «сквозная передача и обработка информации» — процесс непрерывной, полностью автоматизированной передачи и обработки информации за счет применения стандартов обмена информацией между автоматизированными системами и их полного взаимодействия;
- «совокупный план реагирования» — организованная совокупность сценариев реагирования по выявленной угрозе для всех участников взаимодействия АПК «Безопасный город»;
- «специальное программное обеспечение» — совокупность программ, используемых для решения определенного класса задач заданного функционального назначения;
- «среда жизнедеятельности» — совокупность объектов, явлений и факторов окружающей (природной и искусственной) среды, определяющая условия жизнедеятельности человека;
- «средства обеспечения общественной безопасности» — технологии, а также технические, программные, лингвистические, правовые и организационные средства, включая телекоммуникационные каналы и автоматизированные системы управления процессами, используемые для сбора, формирования, обработки, передачи или приема информации о состоянии общественной безопасности и мерах по ее укреплению;
- «стандарт взаимодействия» — нормативный документ, определяющий порядок и состав данных, передаваемых в рамках информационного взаимодействия между автоматизированными системами, а также определяющий технические требования к форматам информационного обмена;
- «сценарий реагирования на кризисную ситуацию и происшествие» — реализованная в компьютерной (вычислительной) среде последовательность действий, выполняемых определенной организационной единицей, привлекаемой к предупреждению либо реагированию на угрозу общественной безопасности, правопорядку или безопасности среды жизнедеятельности;

- «угрозы АПК «Безопасный город» — явления природного, техногенного, биолого-социального, экологического и другого характера, характерные для всей среды обитания населения (жилых, общественных и административных зданий, объектов промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, технических сооружений и систем коммунального хозяйства (водо-, газо-, тепло-, электроснабжения и др.), систем водоотведения, природных ресурсов и др.);
- «цифровая библиотека прогнозных и аналитических моделей» — организованная совокупность прогнозных и аналитических моделей, выполненных в компьютерной (вычислительной) среде, включая их описание;
- «цифровая библиотека сценариев реагирования» — организованная совокупность сценариев реагирования, выполненных в компьютерной (вычислительной) среде, включая их описание;
- «язык описания онтологий» — формальный язык, используемый для кодирования онтологии;
- ВРМ (англ. business process management, управление бизнес-процессами) — концепция процессного управления, рассматривающая бизнес-процессы как особые ресурсы, непрерывно адаптируемые к постоянным изменениям, и полагающаяся на такие принципы, как понятность и видимость бизнес-процессов за счет их моделирования с использованием формальных нотаций, использования программного обеспечения моделирования, симуляции, мониторинга и анализа бизнес-процессов, возможность динамического перестроения моделей бизнес-процессов силами участников и средствами программных систем.

Условные сокращения

АИУС РСЧС	—	автоматизированная информационно-управляющая система РСЧС
АПК	—	аппаратно-программный комплекс
АРМ	—	автоматизированное рабочее место
ДЗЗ	—	дистанционное зондирование Земли
ДОН	—	Департамент образовательной и научно-технической деятельности Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий
ЕДДС	—	единая дежурная диспетчерская служба
ЕСОП	—	единый стек открытых протоколов
ЗИП	—	запасные части, инструменты и принадлежности
ИКЗ	—	идентификационный код закупки
ИКТ	—	информационно-коммуникационные технологии
КСА	—	комплекс средств автоматизации
МЭ	—	межсетевой экран
МЧС России	—	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий
НИОКР	—	научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа
НПА	—	нормативные правовые акты
НСИ	—	нормативно-справочная информация
НТБ МЧС России	—	научно-техническая библиотека Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий
ОПО	—	общесистемное программное обеспечение
ПЗИ	—	подсистема защиты информации
ПО	—	общесистемное программное обеспечение
РКД	—	рабочая конструкторская документация
РСЧС	—	Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
СКЗИ	—	средства криптографической защиты информации
КСК	—	структурированная кабельная система
СПО	—	специальное программное обеспечение
СУБД	—	система управления базой данных
СХД	—	система хранения данных

ТЗ	—	техническое задание
ТП	—	техническое проектирование
CPU	—	центральный процессор серверного вычислительного узла
RAM	—	оперативная память серверного вычислительного узла

1. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НИОКР

1.1. Основанием для выполнения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (далее — НИОКР) «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением» являются основное мероприятие Г.1 подпрограммы Г государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» (постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2013 № 300 с изменениями), распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 2446-р, протокол заседания Межведомственной комиссии по внедрению и развитию систем аппаратно-программного комплекса технических средств «Безопасный город», системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» и Государственной автоматизированной информационной системы «ЭРА-ГЛОНАСС» от 19.11.2019 № 10, пункт 19 раздела II Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2020 год.

1.2. Сроки:

начало работ — с даты заключения государственного контракта;
окончание работ — 10 декабря 2022 года.

1.3. Заказчик: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее — МЧС России) в лице федерального казенного учреждения «Центральная база измерительной техники Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (далее — ФКУ «ЦБИТ МЧС России»).

1.4. Заказывающее подразделение: Департамент образовательной и научно-технической деятельности МЧС России (далее — ДОН, Заказывающее подразделение).

1.5. Исполнитель работы: определяется по итогам открытого конкурса.

2. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ НИОКР

2.1. Целью НИОКР является обеспечение решения вопросов межведомственного и межуровневого взаимодействия, сквозной передачи и обработки информации в едином информационном пространстве, которые позволят осуществлять построение и развитие аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» (далее — АПК «Безопасный город») на региональном и муниципальном уровне на основе единых технических решений и стандартов.

2.2. Задачи НИОКР:

разработать онтологическую модель данных АПК «Безопасный город», включая полный спектр справочников и классификаторов по всем функциональным блокам и сегментам в соответствии с Концепцией построения и развития АПК «Безопасный город», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р (далее — Концепция);

разработать прогнозные и аналитические модели по основным видам угроз, описанным в Концепции;

на основе прогнозных и аналитических моделей разработать сценарии реагирования единых дежурно-диспетчерских служб на кризисные ситуации и происшествия при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия (далее — сценарии реагирования);

обеспечить поэтапное проведение опытной эксплуатации разработанных прогнозных и аналитических моделей и сценариев реагирования в пилотных субъектах Российской Федерации;

разработать стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия, а также единый стек открытых протоколов (далее — ЕСОП);

на основе ЕСОП разработать конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем разных уровней;

изготовить испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем АПК «Безопасный город» (далее — испытательный стенд);

обеспечить нормативное правовое, организационно-методическое и нормативно-техническое сопровождение мероприятий по построению

и развитию АПК «Безопасный город», направленное на практическое применение результатов НИОКР.

2.3. Актуальное состояние исследуемой проблемы

Активное проникновение цифровых технологий в различные сферы экономики и жизнедеятельности предоставило возможность мгновенного получения данных, что привело к повышению требований к скорости принятия решений, как в сфере экономической деятельности и государственного управления, так и в сфере деятельности, связанной с обеспечением личной и общественной безопасности граждан.

Радикальное снижение стоимости создания и владения информационно-коммуникационной инфраструктурой стимулировало появление множества программных и аппаратных решений в государственном управлении. За последние пятнадцать лет (с момента утверждения Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «Положения о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций») в сфере обеспечения безопасности граждан Российской Федерации в рамках федеральных и региональных государственных программ была сформирована инфраструктура источников информации об основных угрозах общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности. В то же время создаваемые технические решения фокусируются на автоматизации процессов по определенным угрозам в зоне ответственности конкретного ведомства или организации. Следствием такой «лоскутной автоматизации» стала рассогласованность данных и отсутствие единого информационного поля, в котором должны оперировать вовлеченные в процессы обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности участники взаимодействия.

В целях упорядочения деятельности по созданию различных систем обеспечения безопасности и комфорта граждан Российской Федерации поручением Президента Российской Федерации от 27 мая 2014 г. № Пр-1175 Правительству Российской Федерации была поставлена задача разработать Концепцию построения и развития аппаратно-программных комплексов «Безопасный город», а также единые требования к техническим параметрам их сегментов». Концепция и Единые требования к техническим параметрам сегментов АПК «Безопасный город» (далее — ЕТТ) определили подходы к созданию систем

обеспечения безопасности и комфорта граждан на всех уровнях государственной власти. Организационной и технологической основой для реализации АПК «Безопасный город» на муниципальном уровне, в соответствии с нормативными и методическими документами, являются единые дежурные диспетчерские службы (далее — ЕДДС), которые должны консолидировать все информационные потоки, содержащие сведения о возможных угрозах безопасности муниципальному образованию и находящимся на его территории объектам защиты. Для консолидации информационных потоков и эффективного принятия решений на муниципальном и региональном уровнях требуется создание единой и связанной информационно-коммуникационной инфраструктуры, которая вследствие «лоскутной автоматизации» на сегодняшний день не сформирована. В результате реализуемые в рамках АПК «Безопасный город» элементы систем обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности не были полноценно интегрированы в единое информационное пространство, а на уровне взаимодействия муниципальных образований и субъектов Российской Федерации не обеспечена взаимосвязь данных и процессов в составе одной вертикали принятия решений; как результат — процессы принятия решений и обеспечивающие их средства автоматизации по-прежнему рассредоточены по ведомственному признаку.

Разработка ЕТТ заложила нормативно-технологическую основу для согласования функциональных и общих технических требований к решениям в сфере обеспечения комплексной безопасности, однако не обеспечила нормативную, организационную и техническую основу для организации информационного обмена между участниками АПК «Безопасный город», представляющими различные ведомственные и отраслевые вертикали управления.

Ввиду отсутствия проработанной единой онтологической модели развитие систем обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности в субъектах Российской Федерации осуществляется исключительно в рамках ведомственных вертикалей, не вовлекая в процесс обмена данными смежные федеральные органы исполнительной власти, а также органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления

муниципальных образований Российской Федерации, профильные организации.

Несмотря на объективную необходимость развития и модернизации систем обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, вызывает сомнение эффективность использования бюджетных средств всех уровней, поскольку отсутствует:

функциональная и техническая связанность решений;

совместимость реализуемых регионами моделей данных;

единая техническая политика и скоординированные планы развития территориальных схем систем обеспечения безопасности и комфорта граждан Российской Федерации;

качественная поддержка процесса принятия решений.

В целях стимулирования процессов модернизации государственного управления в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка

и безопасности среды жизнедеятельности должен быть выработан единый научно-обоснованный подход в данной предметной области.

В рамках данного подхода должны быть определены цели и показатели, которые планируется достичь в рамках модернизации систем и процессов обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, исходя из актуальных потребностей субъектов Российской Федерации и муниципальных образований.

Впервые для уровня муниципального образования должны быть заданы стандарты, в соответствии с которыми должны быть определены процессы, связанные с информационным и техническим обеспечением процессов в сфере общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности.

Разработка онтологической модели данных и связанных с ней процессов и технологий позволит сформировать федеральный стандарт обмена данными по вопросам обеспечения комплексной безопасности на базе инфраструктуры АПК «Безопасный город», в том числе определит входные и выходные параметры данных для взаимодействия с другими государственными информационными ресурсами.

Таким образом, будет обеспечена возможность методологической и технологической совместимости технических решений АПК «Безопасный город» с государственными информационными ресурсами.

Разработанные стандарты в контексте процессов обмена данными в АПК «Безопасный город» должны позволить:

определить состав и параметры потоков данных, участников взаимодействия и подлежащие переводу в единый стандарт процессы;

исключить на организационном и техническом уровнях дублирование процессов;

определить состав, права и условия доступа к источникам информации об угрозах и объектах защиты, требования к фильтрации «информационного шума»;

обеспечить согласованность данных и процессов информационного обмена, определив конкретные технические условия для межсистемного взаимодействия;

обеспечить базу для создания и тиражирования систем принятия решений на уровне субъектов Российской Федерации и муниципальных образований;

определить правила нормативного, организационного и технического обеспечения для всех участников взаимодействия в рамках единого информационного пространства АПК «Безопасный город».

Ключевым компонентом онтологической модели должна стать единая онтология АПК «Безопасный город» с заданной структурой справочников и классификаторов, в которой будут определены основные параметры данных и процессов по спектру задач, связанных с обеспечением общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности. Разработка единых справочников и классификаторов позволит каждому из участников взаимодействия АПК «Безопасный город» получить доступ к согласованной и структурированной информации согласно функциям и полномочиям, определенным онтологической моделью.

Разработка стандартов и общей онтологической модели АПК «Безопасный город» должна позволить:

обеспечить системный подход к построению и развитию систем АПК «Безопасный город» на региональном и муниципальном уровнях;

стимулировать развитие систем принятия решений и координации межведомственного и межуровневого взаимодействия;

гарантировать соблюдение на всех уровнях публичной власти общих принципов информационного обмена и единой технической политики в развитии систем безопасности граждан;

установить единые требования для использования компонентов российского производства при построении систем АПК «Безопасный город» на территории Российской Федерации;

обеспечить процесс качественной модернизации информационного, программного, технического и организационного обеспечения мероприятий в сфере общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

оптимизировать распределение бюджетов всех уровней при построении и развитии АПК «Безопасный город».

2.4. Исходные данные для выполнения НИОКР

Исходными данными для выполнения НИОКР являются нормативные, регламентирующие, методические, технические документы, определяющие параметры единого информационного пространства для всех взаимодействующих субъектов по вопросам обеспечения общественной безопасности, правопорядка

и безопасности среды жизнедеятельности.

Перечень нормативных документов и стандартов, определяющих порядок информационного взаимодействия участников в рамках единого информационного пространства по вопросам обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, а также область исследований включает:

Федеральный закон от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ «О противодействии терроризму»;

Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности»;

Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ «О безопасности»;

Федеральный закон от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса»;

Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;

Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»;

Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;

Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при

осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»;

Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»;

Федеральный закон от 28 июля 2012 г. № 133-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях устранения ограничений для предоставления государственных и муниципальных услуг по принципу «одного окна»;

Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений»;

Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»;

Федеральный закон от 04 мая 2011 г. № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности»;

Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте»;

Федеральный закон от 09 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»;

Федеральный закон от 26 февраля 1997 г. № 31-ФЗ «О мобилизационной подготовке и мобилизации в Российской Федерации»;

Федеральный закон от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне»;

Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении»;

Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»;

Федеральный Закон Российской Федерации от 7 июля 2003 г. № 126-ФЗ «О связи»;

Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных»;

Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»;

Федеральный закон от 09 февраля 2009 г. № 8-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления»;

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»;

Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;

Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

Федеральный закон от 25 декабря 2008 г. № 273-ФЗ «О противодействии коррупции»;

Федеральный закон от 01 декабря 2007 г. № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях»;

Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг»;

Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

Федеральный закон от 06 октября 1999 г. № 184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации»;

Федеральный закон от 06 октября 2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации»;

Федеральный закон от 07 февраля 2011 г. № 3-ФЗ «О полиции»;

Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;

Федеральный закон от 04 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»;

Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»;

Федеральный закон от 3 июля 2016 № 226-ФЗ «О войсках Национальной гвардии Российской Федерации»;

Федеральный закон от 14 июля 1992 г. № 3297-1 «О закрытом административно-территориальном образовании»;

Федеральный закон от 20 августа 1993 г. № 5663–1 «О космической деятельности»;

Закон Российской Федерации от 21 июля 1993 г. № 5485–1 «О государственной тайне»;

Закон Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395–1 «О недрах»;

Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ;

Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. № 195-ФЗ;

«Земельный кодекс Российской Федерации» от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ;

«Лесной кодекс Российской Федерации» от 04 декабря 2006 г. № 200-ФЗ;

«Земельный кодекс Российской Федерации» от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ;

«Воздушный кодекс Российской Федерации» от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ;

«Водный кодекс Российской Федерации» от 03 июня 2006 г. № 74-ФЗ;

Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»;

Указ Президента Российской Федерации от 09 марта 2004 г. № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти»;

Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 21 «О структуре федеральных органов исполнительной власти»;

Указ Президента Российской Федерации от 09 ноября 2001 г. № 1309 «О совершенствовании государственного управления в области пожарной безопасности»;

Указ Президента Российской Федерации от 23 мая 1996 г. № 763 «О порядке опубликования и вступления в силу актов Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации и нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти»;

Указ Президента Российской Федерации от 20 апреля 1995 г. № 389 «О дополнительных мерах по усилению контроля за выполнением

требований экологической безопасности при переработке отработавшего ядерного топлива»;

Указ Президента Российской Федерации от 6 марта 1997 г. № 188 «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 4 сентября 1995 г. № 870 «Об утверждении правил отнесения сведений, составляющих государственную тайну, к различным степеням секретности»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 3 ноября 1994 г. № 1233 «Об утверждении Положения о порядке обращения со служебной информацией ограниченного распространения в федеральных органах исполнительной власти и уполномоченном органе управления использованием атомной энергии и уполномоченном органе по космической деятельности»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 26 июня 1995 г. № 608 «О сертификации средств защиты информации»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2010 г. № 697 «О единой системе межведомственного электронного взаимодействия»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2015 г. № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 01 ноября 2012 г. № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных»;

Постановление Правительства Российской Федерации от 1 июня 2004 г. № 260 «О Регламенте Правительства Российской Федерации и Положении об Аппарате Правительства Российской Федерации»;

Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, а также основы государственной политики, доктрины и другие документы в сфере обеспечения национальной безопасности Российской Федерации;

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации;

Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203;

Основы государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года, утвержденные Указом Президента Российской Федерации от 11 января 2018 г. № 12;

Доктрина информационной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646;

Государственная программа Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» в части подпрограммы Г «Построение и развитие аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»;

Концепция региональной информатизации, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2014 г. № 2769-р;

Концепция создания Государственной единой облачной платформы, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 августа 2019 г. № 1911-р;

Концепции создания и функционирования национальной системы управления данными и план мероприятий («дорожной карты») по созданию национальной системы управления данными на 2019–2021 годы, утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации от 03 июня 2019 г. № 1189-р;

Концепция построения и развития АПК «Безопасный город», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 г. № 2446-р;

Единые требования к техническим параметрам сегментов АПК «Безопасный город», утвержденные председателем Межведомственной комиссии по вопросам, связанным с внедрением и развитием систем аппаратно-программного комплекса технических средств «Безопасный город» 28 июня 2017 г. № 4516п-П4;

Приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 № 17 «Об утверждении Требований к защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах»;

Приказ МЧС России от 01.10.2019 № 549 «О вводе в постоянную (промышленную) эксплуатацию и утверждении Положения о Многоуровневом сегменте АИУС РСЧС на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях»;

документация на создание и внедрение сегментов АПК «Безопасный город», применяемая при создании и вводе в эксплуатацию опытных участков (пилотных зон) в субъектах Российской Федерации, имеющаяся в открытом доступе в сети Интернет на официальных сайтах Единая информационная система в сфере закупок (ЕИС), органов исполнительной власти субъектов РФ и муниципальных образований;

иные действующие нормативные документы в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, транспортной и экологической безопасности, охраны правопорядка, необходимость использования которых определяется в ходе выполнения данной НИОКР по взаимному согласию Исполнителя и Заказывающего подразделения;

ГОСТ 34.201-89. Государственный стандарт Союза ССР. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем;

ГОСТ 34.602-89. Межгосударственный стандарт. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированных систем;

ГОСТ 34.003-90. Межгосударственный стандарт. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения;

ГОСТ 34.601-90. Государственный стандарт Союза ССР. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадия создания;

ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования;

«Руководящий документ. Концепция защиты средств вычислительной техники и автоматизированных систем от несанкционированного доступа к информации» (утвержден решением Гостехкомиссии России 30.03.1992);

«Руководящий документ. «Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации» (утвержден решением Гостехкомиссии России 30.03.1992);

Руководящий документ «Защита от несанкционированного доступа к информации. Часть 1. Программное обеспечение средств защиты информации. Классификация по уровню контроля недеклалируемых возможностей» (приказ Председателя Гостехкомиссии России от 04.06.1999 № 114);

«ГОСТ Р 51583-2014. Защита информации. Порядок создания автоматизированных систем в защищенном исполнении. Общие положения»;

ГОСТ Р 51624-2000. Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Общие положения;

ГОСТ Р 50739-95. Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Общие технические требования;

ГОСТ Р 50922-2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Защита информации Основные термины и определения;

ГОСТ Р 51275-2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения.

3. ВЕДОМОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ НИОКР

НИОКР предполагается выполнить в 5 этапов.

Наименование этапов НИОКР и их содержание приведено в таблице ниже:

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
1	Формирование предметной области АПК «Безопасный город»	с даты заключения государственного контракта – 25 декабря 2020 г.	1. Онтологическая модель данных АПК «Безопасный город», включая набор справочников и классификаторов по всем функциональным блокам и сегментам комплекса – 1 очередь:

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>1.1. научно-технический отчет, содержащий описание онтологии АПК «Безопасный город» (включая классификаторы и справочники по предметной области обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности) по всем функциональным блокам АПК «Безопасный город» в соответствии с Концепцией;</p> <p>1.2. технический проект на разработку онтологической модели АПК «Безопасный город» в компьютерной (вычислительной) среде на языке описания онтологий.</p> <p>2. Прогнозные и аналитические модели по основным видам угроз, описанным в Концепции – 1 очередь, включающая научно-технический отчет, содержащий: результаты исследований существующих методик, прогнозных и аналитических моделей по основным видам угроз, описанным в Концепции; обоснованный перечень актуализируемых и подлежащих разработке прогнозных и аналитических моделей по основным видам угроз Концепции; частные технические задания на разработку/актуализацию прогнозных и аналитических моделей по основным видам угроз, описанным в Концепции и их последующую реализацию в компьютерной (вычислительной) среде; частное техническое задание на создание цифровой библиотеки прогнозных и аналитических моделей по основным видам угроз, описанным в Концепции, в компьютерной (вычислительной) среде.</p> <p>3. Испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем АПК «Безопасный город» – 1 очередь:</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>3.1. технический проект на изготовление испытательного стенда АПК «Безопасный город»;</p> <p>3.2. комплекс технических средств и общесистемное программное обеспечение испытательного стенда АПК «Безопасный город» в соответствии с техническим проектом.</p> <p>4. Нормативное правовое, организационно-методическое и нормативно-техническое обеспечение мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город» – 1 очередь, включающая:</p> <p>4.1. научно-технический отчет, содержащий:</p> <p>4.1.1. результаты анализа нормативного правового, нормативно-технического и методического обеспечения АПК «Безопасный город»;</p> <p>4.1.2. научно-обоснованные предложения по совершенствованию нормативного правового, нормативно-технического и методического обеспечения АПК «Безопасный город»;</p> <p>4.2. научную дискуссию по перспективам построения и развития АПК «Безопасный город»;</p> <p>4.3. интернет-портал организационно-методического и нормативно-технического обеспечения мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город».</p>
2	Формирование научно-технической основы по предметной области АПК «Безопасный город»	С даты завершения этапа 1 – 1 июля 2021	1. Онтологическая модель данных АПК «Безопасный город», включая полный спектр справочников и классификаторов по всем функциональным блокам и сегментам комплекса – 2 очередь, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде на языке описания онтологий онтологическую модель данных АПК «Безопасный город».

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>2. Прогнозные и аналитические модели по основным видам угроз, описанным в Концепции – 2 очередь, включающая:</p> <p>2.1. специальное программное обеспечение прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город» в соответствии с частным техническим заданием на разработку / актуализацию прогнозных и аналитических моделей по угрозам природного характера, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город»;</p> <p>2.2. специальное программное обеспечение прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город» в соответствии с частным техническим заданием на разработку / актуализацию прогнозных и аналитических моделей по угрозам техногенного характера, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город».</p> <p>3. Сценарии реагирования ЕДДС на кризисные ситуации и происшествия при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия на основе прогнозных и аналитических моделей с поэтапным проведением опытной эксплуатации в пилотных субъектах Российской Федерации – 1 очередь, включающая научно-технический отчет, содержащий:</p> <p>3.1. результаты исследований существующей нормативной, методической и организационной базы в рамках процессов реагирования на кризисные ситуации и происшествия участников взаимодействия АПК «Безопасный город»;</p> <p>3.2. типовые требования к сценариям и совокупным планам реагирования на кризисные ситуации и происшествия АПК «Безопасный город»;</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>3.3. типовые сценарии реагирования по разрабатываемым в рамках НИОКР прогнозным и аналитическим моделям по основным видам угроз, описанным в Концепции;</p> <p>3.4. классификацию участников взаимодействия АПК «Безопасный город» с определением перечней выполняемых ими мероприятий по реагированию на кризисные ситуации и происшествия в разрезе приоритетных типов угроз Концепции;</p> <p>3.5. схемы организации информационного взаимодействия в рамках мероприятий по реагированию на кризисные ситуации и происшествия по приоритетным типам угроз Концепции;</p> <p>3.6. научно-обоснованные предложения по определению репрезентативных и пилотных субъектов Российской Федерации для отработки результатов НИОКР.</p> <p>4. Стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия с разработкой единого стека открытых протоколов – 1 очередь, включающая научно-технический отчет, содержащий:</p> <p>4.1. результаты исследования государственных информационных систем федерального уровня – источников информации об угрозах материальным объектам, социально-экономическим системам, субъектам организационно-технических систем в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;</p> <p>4.2. научно-обоснованный перечень государственных информационных систем федерального уровня – источников информации АПК «Безопасный город»;</p> <p>4.3. описание единого стека открытых протоколов и массива данных АПК «Безопасный город»;</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>4.4. технический проект на создание специального программного обеспечения единого стека открытых протоколов АПК «Безопасный город» (открытого интерфейса программирования).</p> <p>5. Конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем всех уровней на основе единого стека открытых протоколов – 1 очередь, включающая технический проект на разработку специального программного обеспечения интерфейсов взаимодействия АПК «Безопасный город» по типовому протоколу единого стека открытых протоколов со следующими типами автоматизированных систем, входящими в состав функциональных блоков АПК «Безопасный город»:</p> <p>5.1. объектовые телеметрические системы безопасности (пожарной охраны, сигнализации, безопасности объектов транспортной инфраструктуры);</p> <p>5.2. телеметрические системы мониторинга окружающей среды;</p> <p>5.3. телеметрические системы мониторинга работоспособности объектов инфраструктуры ЖКХ;</p> <p>5.4. системы видеонаблюдения;</p> <p>5.5. автоматизированные системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по номеру 112;</p> <p>5.6. спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС;</p> <p>5.7. геоинформационные системы;</p> <p>5.8. системы информирования и оповещения населения;</p> <p>5.9. системы раннего предупреждения лесных пожаров;</p> <p>5.10. системы экстренной связи.</p> <p>6. Испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем АПК «Безопасный город» – 2 очередь, включающая:</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>6.1. развертывание комплекса технических средств и общего программного обеспечения испытательного стенда АПК «Безопасный город» в соответствии с техническим проектом на предоставленной площадке;</p> <p>6.2. настройку специального программного обеспечения испытательного стенда АПК «Безопасный город»;</p> <p>6.3. технический проект на отработку в тестовой среде информационного взаимодействия испытательного стенда с автоматизированными системами функционального блока «Координации работы служб и ведомств» АПК «Безопасный город» пилотных субъектов РФ.</p> <p>7. Нормативное правовое, организационно-методическое и нормативно-техническое обеспечение мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город» – 2 очередь, включающая:</p> <p>7.1. научно-технический отчет, содержащий проекты нормативных правовых, нормативно-технических и методических документов в области АПК «Безопасный город» по направлениям проведенных исследований:</p> <ul style="list-style-type: none"> - онтологическая модель данных АПК «Безопасный город»; - стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия; - сценарии реагирования ЕДДС на кризисные ситуации и происшествия при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия; <p>7.2. организацию и проведение международной научно-практической конференции по вопросам построения и развития АПК «Безопасный город».</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
3	Разработка специального программного обеспечения по предметной области АПК «Безопасный город»	С даты завершения этапа 2 – 10 декабря 2021	<p>1. Прогнозные и аналитические модели по основным видам угроз, описанным в Концепции – 3 очередь, включающая:</p> <p>1.1. специальное программное обеспечение прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город» в соответствии с частным техническим заданием на разработку / актуализацию прогнозных и аналитических моделей по конфликтным угрозам, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город»;</p> <p>1.2. специальное программное обеспечение прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город» в соответствии с частным техническим заданием на разработку / актуализацию прогнозных и аналитических моделей по угрозам биолого-социального характера, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город»;</p> <p>1.3. специальное программное обеспечение прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город» в соответствии с частным техническим заданием на разработку / актуализацию прогнозных и аналитических моделей по угрозам экологического характера, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город»;</p> <p>1.4. специальное программное обеспечение цифровой библиотеки прогнозных и аналитических моделей, разработанных в рамках НИОКР, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город».</p> <p>2. Сценарии реагирования ЕДДС на кризисные ситуации и происшествия при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия на основе прогнозных и аналитических моделей с поэтапным проведением опытной эксплуатации в пилотных субъектах Российской Федерации – 2 очередь, включающая научно-технический отчет, содержащий:</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>2.1. технический проект на создание специального программного обеспечения по управлению процессами взаимодействия (ВРМ) между участниками АПК «Безопасный город» – конструктор сценариев реагирования АПК «Безопасный город»;</p> <p>2.2. технический проект на создание цифровой библиотеки сценариев реагирования по разработанным прогнозным и аналитическим моделям в компьютерной (вычислительной) среде.</p> <p>3. Стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия с разработкой единого стека открытых протоколов – 2 очередь, включающая:</p> <p>3.1. технический проект автоматизации информационного обеспечения АПК «Безопасный город» на федеральном уровне (на основе научно-обоснованного перечня государственных информационных систем федерального уровня);</p> <p>3.2. специальное программное обеспечение единого стека открытых протоколов АПК «Безопасный город» (открытый интерфейс программирования) для стандартизированного обмена данными с внешними информационными системами в тестовой среде.</p> <p>4. Конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем всех уровней на основе единого стека открытых протоколов – 2 очередь, включающая специальное программное обеспечение интерфейсов взаимодействия АПК «Безопасный город» в тестовой среде по типовому протоколу единого стека открытых протоколов со следующими типами автоматизированных систем, входящих в состав функциональных блоков АПК «Безопасный город»:</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>4.1. объектовые телеметрические системы безопасности (пожарной охраны, сигнализации, безопасности объектов транспортной инфраструктуры);</p> <p>4.2. телеметрические системы мониторинга окружающей среды;</p> <p>4.3. телеметрические системы мониторинга работоспособности объектов инфраструктуры ЖКХ.</p> <p>5. Испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем АПК «Безопасный город» – 3 очередь, включающая:</p> <p>5.1. специальное программное обеспечение (модули сопряжения) для отработки информационного взаимодействия испытательного стенда с автоматизированными системами функционального блока «Координации работы служб и ведомств» АПК «Безопасный город» пилотных регионов в тестовой среде.</p> <p>5.2. развертывание комплекса технических средств и общего программного обеспечения испытательного стенда АПК «Безопасный город» в соответствии с техническим проектом на предоставленной площадке.</p> <p>5.3. настройку специального программного обеспечения испытательного стенда АПК «Безопасный город».</p> <p>6. Нормативное правовое, организационно-методическое и нормативно-техническое обеспечение мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город» – 3 очередь, включающая научно-технический отчет, содержащий научно обоснованные проекты национальных стандартов прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город», разработанных в рамках настоящего НИОКР по состоянию на начало 3 этапа.</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
4	Настройка разработанного СПО по предметной области АПК «Безопасный город» на испытательном стенде	С даты завершения этапа 3 – 1 сентября 2022	<p>1. Прогнозные и аналитические модели по основным видам угроз, описанным в Концепции – 4 очередь, включающая:</p> <p>1.1. специальное программное обеспечение прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город» в соответствии с частным техническим заданием на разработку / актуализацию прогнозных и аналитических моделей по угрозам транспортной безопасности, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город»;</p> <p>1.2. специальное программное обеспечение прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город» в соответствии с частным техническим заданием на разработку / актуализацию прогнозных и аналитических моделей по угрозам информационной безопасности, развернутое на испытательном стенде АПК «Безопасный город»;</p> <p>1.3. научно-технический отчет о результатах апробации специального программного обеспечения цифровой библиотеки прогнозных и аналитических моделей, разработанной в рамках НИОКР.</p> <p>2. Сценарии реагирования ЕДДС на кризисные ситуации и происшествия при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия на основе прогнозных и аналитических моделей с поэтапным проведением опытной эксплуатации в пилотных субъектах Российской Федерации – 2 очередь, включающая:</p> <p>2.1. специальное программное обеспечение по управлению процессами взаимодействия (ВРМ) между участниками АПК «Безопасный город» – конструктор сценариев реагирования АПК «Безопасный город»;</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>2.2. специальное программное обеспечение цифровой библиотеки сценариев реагирования по приоритетным видам угроз Концепции.</p> <p>3. Стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия с разработкой единого стека открытых протоколов – 3 очередь, включающая специальное программное обеспечение для сопряжения с государственными информационными системами согласно техническому проекту автоматизации информационного обеспечения АПК «Безопасный город» в тестовой среде.</p> <p>4. Конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем всех уровней на основе единого стека открытых протоколов – 3 очередь, включающая специальное программное обеспечение интерфейсов взаимодействия АПК «Безопасный город» в тестовой среде по типовому протоколу единого стека открытых протоколов со следующими типами автоматизированных систем, входящими в состав функциональных блоков АПК «Безопасный город»:</p> <p>4.1. системы видеонаблюдения;</p> <p>4.2. автоматизированные системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по номеру 112;</p> <p>4.3. спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС.</p> <p>5. Испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем АПК «Безопасный город» – 4 очередь, включающая научно-технический отчет об отработке в тестовой среде информационного взаимодействия испытательного стенда с автоматизированными системами функционального блока «Координации работы служб и ведомств» АПК «Безопасный город» пилотных субъектов РФ.</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>6. Нормативное правовое, организационно-методическое и нормативно-техническое обеспечение мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город» – 4 очередь, включающая:</p> <p>6.1. научно-технический отчет, содержащий научно обоснованные проекты национальных стандартов информационного обмена в рамках сценариев реагирования АПК «Безопасный город» разработанным в рамках настоящего НИОКР;</p> <p>6.2. научно-технический отчет, содержащий научно обоснованные проекты нормативных правовых актов, обеспечивающих совместимость результатов НИОКР в части онтологической модели данных АПК «Безопасный город», стандартов информационного обмена, стандартов прогнозных и аналитических моделей с онтологией Национальной системы управления данными (Концепция создания и функционирования НСУД утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1189-р), а также перспективными направлениями «Цифровой экономики» (Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р);</p> <p>6.3. научно-технический отчет, содержащий научно обоснованные проекты нормативных правовых актов в поддержку функционирования АПК «Безопасный город» на территории Российской Федерации с учетом достигнутых в рамках НИОКР результатов;</p> <p>6.4. научно-технический отчет, содержащий научно обоснованные проекты национальных стандартов для разработанных в рамках НИОКР прогнозных и аналитических моделей (часть 1);</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			6.5. организацию и проведение научно-практической конференции по вопросам построения и развития АПК «Безопасный город», научным результатам настоящего НИОКР.
5	Апробация разработанных технических решений по предметной области АПК «Безопасный город» в пилотных субъектах РФ	С даты завершения этапа 4 – 10 декабря 2022	<p>1. Сценарии реагирования ЕДДС на кризисные ситуации и происшествия при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия на основе прогнозных и аналитических моделей с поэтапным проведением опытной эксплуатации в пилотных субъектах Российской Федерации – 3 очередь, включающая научно-технический отчет об апробации специального программного обеспечения по управлению процессами взаимодействия (ВРМ) между участниками АПК «Безопасный город» – конструктора сценариев реагирования АПК «Безопасный город» и специального программного обеспечения цифровой библиотеки сценариев реагирования по разработанным прогнозным и аналитическим моделям в субъектах РФ в тестовой среде.</p> <p>2. Стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия с разработкой единого стека открытых протоколов – 4 очередь, включающая научно-технический отчет о результатах обеспечения сопряжения с государственными информационными системами согласно техническому проекту автоматизации информационного обеспечения АПК «Безопасный город» в тестовой среде.</p> <p>3. Конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем всех уровней на основе единого стека открытых протоколов – 4 очередь, включающая специальное программное обеспечение интерфейсов взаимодействия АПК «Безопасный город» в тестовой среде по типовому протоколу</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>единого стека открытых протоколов со следующими типами автоматизированных систем, входящими в состав функциональных блоков АПК «Безопасный город»:</p> <p>3.1. геоинформационные системы;</p> <p>3.2. системы информирования и оповещения населения;</p> <p>3.3. системы раннего предупреждения лесных пожаров;</p> <p>3.4. системы экстренной связи.</p> <p>4. Испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем АПК «Безопасный город» – 4 очередь, включающая научно-технический отчет, содержащий:</p> <p>4.1. результаты апробации специального программного обеспечения интерфейсов взаимодействия АПК «Безопасный город» по типовому протоколу единого стека открытых протоколов в пилотных субъектах РФ в тестовой среде;</p> <p>результаты апробации прогнозных и аналитических моделей по основным видам угроз, описанным в Концепции, в пилотных субъектах РФ в тестовой среде.</p> <p>5. Нормативное правовое, организационно-методическое и нормативно-техническое обеспечение мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город» – 5 очередь, включающая:</p> <p>5.1. научно-технический отчет, содержащий проекты национальных стандартов АПК «Безопасный город» для системы используемых справочников и классификаторов;</p> <p>5.2. научно-технический отчет, содержащий научно обоснованные проекты национальных стандартов для разработанных в рамках НИОКР прогнозных и аналитических моделей (часть 2);</p>

№ этапа	Наименование этапа	Сроки начала и окончания этапа	Отчетная документация исполнителя за этап (научно-техническая продукция)
			<p>5.3. научно-технический отчет, содержащий проекты национальных стандартов АПК «Безопасный город» для разработанных в рамках НИОКР типовых сценариев реагирования;</p> <p>5.4. научно-технический отчет, содержащий проекты национальных стандартов информационного обмена АПК «Безопасный город» на основе разработанных в рамках НИОКР конвертеров (адаптеров), а также единого стека открытых протоколов;</p> <p>5.5. научно-технический отчет по нормативной, организационной и методической поддержке НИОКР, содержащий результаты проведенных в рамках НИОКР научных и практических мероприятий в поддержку мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город».</p>

4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ НИОКР

4.1. Общий порядок выполнения работы

Общий порядок выполнения работы осуществляется в соответствии с требованиями документов в области стандартизации по выполнению и оформлению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (ГОСТ 15.101-98, ГОСТ 2.111-2013, ГОСТ Р 7.0.12-2011, ГОСТ 7.32-2017, ГОСТ Р 15.011-96). Исполнитель должен обеспечить выполнение требований приказа Минобрнауки России от 31.03.2016 № 341 «Об утверждении форм направления сведений о научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работах гражданского назначения в целях их учета в единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, требований к заполнению указанных форм, порядка подтверждения главными распорядителями бюджетных средств, осуществляющими финансовое обеспечение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, условиям государственных контрактов

на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения».

После завершения каждого этапа НИОКР результаты и отчетная научно-техническая документация должны быть рассмотрены на заседании научно-технического совета ведомственной научной организации и (или) организации (коллегиального органа), компетентной в предметной области, с участием заказывающего подразделения, в том числе на заседании рабочей группы (Совета главных конструкторов аппаратно-программного комплекса «Безопасный город») для обеспечения методической деятельности Межведомственной комиссии по вопросам, связанным с внедрением и развитием систем аппаратно-программного комплекса технических средств «Безопасный город».

Для представления результатов этапа НИОКР Исполнитель представляет соответствующий доклад (устное изложение достигнутых результатов уполномоченным представителем Исполнителя) со слайдовым сопровождением (требования к слайдовому сопровождению соответствуют требованиям к презентационным материалам, указанным в пункте 6.2 Технического задания).

По результатам выполнения работы должны быть представлены результаты экспертизы на антиплагиат и патентных исследований.

Заказывающее подразделение имеет право привлекать к рассмотрению результатов НИОКР (и ее этапов) экспертные организации (экспертов) и иных лиц, компетентных в предметной области.

Работы выполняются поэтапно, в соответствии с очередями, указанными в пункте 3 технического задания, определяющими контентные работы и содержание результатов по основным этапам НИОКР.

4.2. Требования к онтологической модели данных АПК «Безопасный город»

4.2.1. Онтологическая модель данных АПК «Безопасный город» должна структурно описать предметную область для комплекса вопросов, связанных со стандартизацией процессов информационного обеспечения и описания субъектно-объектных отношений в рамках решения задач в области общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности.

4.2.2. Предметную область онтологической модели, в соответствии с общепринятыми представлениями составляют:

определенное множество объектов и субъектов, участвующих в этой деятельности и образуемые ими системы и подсистемы;

связи и взаимоотношения между субъектами и объектами;

процессы и явления природного, техногенного, экологического, социально-экономического, правоохранительного и иного характера, влияющие на рассматриваемую деятельность.

К предметной области могут быть отнесены законы и закономерности, регулирующие взаимоотношения между структурными элементами предметной области, определяющие процессы формирования факторов вредного воздействия на человека, окружающую среду и объекты техносферы.

В контексте решаемых АПК «Безопасный город» задач по обеспечению безопасности граждан, исследуемая предметная область представляет собой сферу практической деятельности с ее целями, задачами, организационными формами, управленческими структурами, материальными и концептуальными системами, сформированную на стыке отраслей научных знаний, опирающихся на единую систему идей, принципов, закономерностей, отражающих существенные связи в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности.

4.2.3. В рамках настоящего НИОКР должна быть выработана общая система развитых или заимствованных из смежных областей знаний и научных идей, применимых к задачам информационного обеспечения процессов управления всестороннего контроля угроз, приведенным в Концепции (с учетом предложений по ее актуализации, разработанным в ходе НИОКР).

4.2.4. Результатом НИОКР должна стать онтологическая модель данных АПК «Безопасный город», разработанная в компьютерной (вычислительной среде) и обеспечивающая автоматизированное ведение предметной области АПК «Безопасный город», на основании которой может быть выполнена разработка системы справочников и классификаторов для предметной области обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности), используемых при создании и внедрении элементов комплекса на территории Российской Федерации.

4.2.5. Применительно к сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности в рамках АПК «Безопасный город» в предметную область следует включить:

социально-экономические системы федерального, регионального и муниципального уровней, как совокупности организованных коллективов людей, населения, объектов экономики и инфраструктуры, а также природно-хозяйственных, природно-территориальных комплексов и экосистем, образующих единое структурно-функциональное целое, где осуществляются меры и действия по обеспечению общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

систему реальных и потенциальных угроз общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности (включая угрозы и опасности криминогенного, террористического, техногенного, природного, экологического характера), методы их анализа, оценки и прогнозирования;

систему жизненно важных интересов человека, общества и государства в обеспечении общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

условия и причины возникновения происшествий и кризисных ситуаций различного характера, методы их исследования и выявления;

факторы риска хозяйственной и иной деятельности;

деструктивные силы и факторы риска опасных природных явлений и процессов;

объекты, являющиеся источниками и реципиентами техногенной и экологической опасности и риска, а также угроз общественной безопасности и правопорядку;

ряд различного рода организационно-технических систем, в том числе систем эргатического и поли-эрготехнического характера.

4.2.6. Структурирование предметной области в рамках построения онтологической модели должно предусматривать разделение систем, являющихся элементами предметной области, на блоки, в зависимости от их характера и функциональной нагрузки.

В контексте решаемых АПК «Безопасный город» задач выделяют следующие основные блоки элементов:

1) Блок материальных систем и объектов, включающий:

совокупность объектов и субъектов защиты (или социально-экономические системы);

совокупность угроз обеспечению общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности (или источники

угроз правопорядку, источники криминогенных, террористических, техногенных, природных и экологических угроз и воздействий);

совокупность сил и средств контроля и обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности (или материальные системы, относящиеся к организационно-техническим, обеспечивающие решение задач комплексного мониторинга состояния общественной безопасности, окружающей среды и техносферы, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, угроз безопасности среды жизнедеятельности), включающие организованные по профессиональным признакам коллективы людей, технических средств и информационных систем, инженерных сооружений и различного рода других объектов целенаправленной деятельности людей, выполняющих определенные функциональные задачи.

2) Блок функциональных и организационных систем по анализу, оценке и прогнозированию факторов опасности и рисков общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности, управлению безопасностью и рисками, а также обеспечению смягчения последствий событий, несущих угрозу общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности.

Онтологическая модель данных АПК «Безопасный город» должна структурно описать все классы объектов, связей, правил и ограничений, в совокупности обеспечивающих выполнение предусмотренных концепцией ключевых функций блока координации работы служб и ведомств:

мониторинга угроз территории и населению (идентификации угроз и информирования);

прогнозирования последствий кризисных ситуаций и происшествий (оценки последствий в зависимости от типа кризисной ситуации или происшествия);

реагирования на угрозы (обеспечения взаимодействия участников в рамках планов реагирования);

профилактики кризисных ситуаций и происшествий (анализа данных и предоставления отчетно-аналитической информации).

4.2.7. Разработка онтологической модели АПК «Безопасный город» должна проводиться на базе выборки не менее 5 репрезентативных субъектов Российской Федерации, которая должна формироваться с учетом следующих требований:

обязательного наличия в регионе внедренных в опытную или промышленную эксплуатацию систем функционального блока координации работы служб и ведомств АПК «Безопасный город»;

наиболее полного охвата угроз Концепции с учетом природной и географической специфики, а именно: для каждой из природно-географических территорий Российской Федерации (Заполярья, Европейской части России, Урала, Сибири и Дальнего Востока) должен быть выбран как минимум один регион, расположенный на ее территории.

4.2.8. В рамках разработки онтологической модели данных АПК «Безопасный город» должны быть выполнены следующие работы:

1) проведены исследования основных типов угроз криминогенного, террористического, техногенного, природного, экологического характера согласно Концепции, в том числе:

на основании угроз общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности, определенных Концепцией, должна быть сформирована репрезентативная выборка не менее чем из 5 субъектов Российской Федерации;

систематизированы сведения по видам угроз и связанным объектам воздействия в рамках природно-хозяйственных, природно-территориальных комплексов и экосистем, организационно-технических систем, а также отдельных хозяйственных и иных объектов, которые относятся к чувствительным реципиентам угроз криминогенного, террористического, техногенного, природного и экологического характера;

определены происшествия и события, являющиеся первоисточниками рисков для социально-экономических систем (объектам воздействия в рамках природно-хозяйственных, природно-территориальных комплексов и экосистем, организационно-технических систем, а также отдельных хозяйственных и иных объектов);

определены силы и средства контроля угроз обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, в том числе организованные по профессиональным признакам коллективы людей, технических средств и информационных систем, инженерных сооружений и различного рода других объектов целенаправленной деятельности людей, по каждому из систематизированных рисков и связанных объектах воздействия.

2) осуществлена систематизация функциональных задач и функциональных структур на федеральном, региональном и муниципальном

уровнях и определен необходимый и достаточный набор межотраслевых знаний, необходимых для формирования на муниципальном и региональном уровнях центров координации и поддержки принятия решений по комплексу вопросов, связанных с обеспечением общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, в том числе:

по каждому виду угроз на муниципальном, региональном и федеральном уровнях должны быть определены типы профильных субъектов взаимодействия, отвечающих за профилактику, предупреждение и ликвидацию негативного воздействия данной угрозы;

по каждому виду угроз должны быть определены профильные научные организации, осуществляющие проработку соответствующей предметной области, а также выполнена оценка актуальности и применимости научных и практических работ для целей обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности жизнедеятельности;

проведен анализ функциональных и организационных систем по оценке и прогнозированию факторов опасности и рисков общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности, управлению рисками, а также обеспечению смягчения последствий событий, несущих угрозу общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности;

на основании анализа происшествий и кризисных ситуаций по репрезентативной выборке субъектов Российской Федерации актуализированы угрозы общественной безопасности, правопорядку и безопасности жизнедеятельности, указанных в Концепции;

3) определены существенные параметры каждого из типов объектов и субъектов взаимодействия в рамках системы обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, необходимых и достаточных для решения предусмотренных Концепцией ключевых функций блока координации работы служб и ведомств, в том числе:

выполнена систематизация классов объектов и субъектов по степени опасности (воздействия) на другие объекты и субъекты социально-экономической системы, по степени уязвимости рискам, по степени значимости для социально-экономической системы;

по каждому из объектов и субъектов защиты, в зависимости от класса опасности, определены необходимые и достаточные параметры

для решения предусмотренных Концепцией ключевых функций блока координации работы служб и ведомств;

на основании данных репрезентативных субъектов Российской Федерации, выполнен анализ технологической и организационной возможности получения данных об объектах и субъектах защиты в соответствии с выработанными существенными параметрами.

4) определены субъекты взаимодействия по каждому из видов угроз и доступные им действия, в том числе:

выполнена систематизация субъектов и связанных с ними материальных систем, относящихся к организационно-техническим и обеспечивающих решение задач комплексного мониторинга состояния общественной безопасности, окружающей среды и техносферы, предупреждения и ликвидации кризисных ситуаций и происшествий, угроз безопасности среды жизнедеятельности;

определены существенные параметры субъектов и связанных материальных систем, которые обеспечивают решение задач комплексного мониторинга состояния общественной безопасности, окружающей среды и техносферы, предупреждения и ликвидации кризисных ситуаций и происшествий, угроз безопасности среды жизнедеятельности;

на основании данных репрезентативных субъектов Российской Федерации выполнены исследования функциональных и организационных схем, а также нормативных документов, используемых субъектами при взаимодействии по вопросам обеспечения безопасности граждан;

систематизированы необходимые и доступные силы и средства контроля и обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности (или материальные системы, в том числе действия организованных по профессиональным признакам коллективов людей, технических средств и информационных систем, инженерных сооружений и различного рода других объектов целенаправленной деятельности людей, выполняющих определенные функциональные задачи).

5) выработка требований к информационному обеспечению процессов координации и принятия решений в контексте существующих организационно-технических систем обеспечения безопасности граждан (систем мониторинга угроз, системы объектов управления и связи различных уровней, системы оповещения об опасностях, системы коллективной защиты населения и т. п.), в том числе:

на основании параметров объектов и субъектов, связанных с ними угроз, а также с учетом результатов исследования межотраслевых знаний разработана онтология АПК «Безопасный город» (включая классификаторы и справочники по предметной области обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности) по всем функциональным блокам в соответствии с Концепцией;

разработана и представлена как единая крупномасштабная социотехническая система, концептуально описывающая и структурирующая унифицированным образом понятия, правила, классы, функции, деятельность участников АПК «Безопасный город» и связи между ними, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде онтологическая модель данных АПК «Безопасный город».

4.2.9. В рамках программной реализации онтологии должен быть разработан соответствующий раздел порталного решения (web-сервис).

4.2.10. При разработке онтологии АПК «Безопасный город» должен быть использован основанный на общеизвестных теориях научно-методический аппарат, включая: теорию катастроф, теорию риска, теорию живучести, теорию сложных систем, теорию исследования операций, теорию эффективности, теорию управления и др.

При разработке онтологической модели данных в компьютерной (вычислительной) среде должен быть использован один из признанных языков описания онтологий, а именно: OWL, KIF, Common logic, CycL, DAML+OIL.

Лежащие в основе научно-методического аппарата расчетные, аналитические и прогностические задачи должны быть основаны на таких фундаментальных науках как физика, химия, математика, механика, гидрометеорология, география, геология и их современных достижениях.

4.3. Требования к прогностным и аналитическим моделям по основным видам угроз, описанным в Концепции

4.3.1. Прогностные и аналитические модели должны обеспечить оценку негативного воздействия потенциальной угрозы, в количественном и качественном выражении, применительно к социально-экономической системе, включающей субъекты (людей и организационно-технические системы) и материальные системы (объекты жилых, общественных и административные здания, объекты промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, связи, радиовещания, телевидения,

технические сооружения и системы коммунального хозяйства, системы водоотведения, природные ресурсы и др.).

4.3.2. Методики, лежащие в основе прогнозных и аналитических моделей АПК «Безопасный город», должны быть согласованы с профильными ведомствами (организациями). Организационное обеспечение процесса согласования (назначение рабочих совещаний, встреч, организация переписки) обеспечивает Заказывающее подразделение.

4.3.3. Прогнозные и аналитические модели АПК «Безопасный город» являются выполненными в компьютерной (вычислительной) среде, в соответствии с разработанными методиками, позволяющими в автоматизированном (при необходимости внесения уточняющих параметров) режиме осуществить оценку угрозы с целью выработки решений по реагированию и подбору необходимых сценариев реагирования.

4.3.4. Применительно к задачам информационного обеспечения процессов координации и поддержки принятия решений в рамках АПК «Безопасный город» Концепцией определен следующий спектр угроз общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности:

а) основные виды природных угроз:

подтопление территории города;

сейсмическая опасность, появление деформации земной поверхности в виде провалов и неравномерных оседаний земли;

появление оползней;

вероятность ураганов, штормового ветра, обильных снегопадов и затяжных дождей, обледенения дорог и токонесущих проводов;

падение крупных небесных тел (метеоритов, болидов);

задымление вследствие массовых торфяных и лесных пожаров.

б) основные виды техногенных угроз:

транспортные аварии, включая дорожно-транспортные происшествия, крушения поездов, железнодорожные аварии и авиационные катастрофы;

пожары на промышленных объектах, транспорте и в жилых зданиях;

обрушения элементов транспортных коммуникаций, производственных и непромышленных зданий и сооружений;

аварии на магистральных трубопроводах;

аварии на подземных сооружениях;

прорывы гидротехнических сооружений, являющихся гидродинамически опасными объектами (плотин, запруд, дамб, шлюзов, перемычек и др.) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений;

аварии с выбросом химически опасных веществ и образованием зон химического заражения;

аварии с выбросом радиоактивных веществ с образованием обширных зон загрязнения;

аварии с разливом нефтепродуктов;

аварии на электростанциях и сетях с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей;

аварии на системах жизнеобеспечения и очистных сооружениях;

прорывы в сетях тепло- и водоснабжения;

старение жилого фонда, инженерной инфраструктуры;

снижение надежности и устойчивости энергоснабжения;

перегруженность магистральных инженерных сетей канализации и полей фильтрации;

дефицит источников теплоснабжения;

отсутствие технологий очистки питьевой воды;

несвоевременная и некачественная уборка улиц;

нарушение порядка утилизации производственных и бытовых отходов;

воздействие внешних факторов на качество питьевой воды;

несоответствие дорожного покрытия требованиям безопасности автомобильных перевозок.

в) основные виды биолого-социальных угроз:

массовые инфекционные и другие заболевания людей, связанные с социальной деятельностью людей;

массовые инфекционные заболевания домашних животных, опасные болезни рыб;

массовые поражения сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями.

г) основные виды экологических угроз:

просадки, оползни, обвалы земной поверхности из-за выработки недр при добыче полезных ископаемых и другой деятельности человека;

наличие тяжелых металлов (в том числе радионуклидов) и других вредных веществ в почве (грунте) сверх предельно допустимых концентраций;

интенсивная деградация почв, опустынивание на обширных территориях из-за эрозии, засоления, заболачивания почв и так далее;

ситуации, связанные с истощением невозобновляемых природных ископаемых;

ситуации, вызванные переполнением хранилищ (свалок) промышленными и бытовыми отходами, загрязнением ими окружающей среды;

резкие изменения погоды или климата в результате антропогенной деятельности;

превышение предельно допустимой концентрации вредных примесей в атмосфере, температурные инверсии над городами;

«кислородный» голод в городах;

значительное превышение предельно допустимого уровня городского шума;

образование обширной зоны кислотных осадков;

разрушение озонового слоя атмосферы;

значительные изменения прозрачности атмосферы;

недостаток питьевой воды вследствие истощения водных источников или их загрязнения;

истощение водных ресурсов, необходимых для организации хозяйственно-бытового водоснабжения и обеспечения технологических процессов;

нарушение хозяйственной деятельности и экологического равновесия вследствие загрязнения зон внутренних морей и мирового океана.

д) основные виды угроз в сфере транспортной безопасности:

террористические и диверсионные акции (угон или захват воздушных, морских, речных судов, железнодорожного подвижного состава, автотранспорта, взрывы на железнодорожных вокзалах, на транспорте, диверсии против гидротехнических сооружений и прочее);

иные случаи незаконного вмешательства в функционирование транспорта (наложение посторонних предметов на рельсы, разоборудование устройств железнодорожных путей, «телефонный терроризм», противоправное блокирование аэропортов и основных транспортных магистралей), угрожающие жизни и здоровью пассажиров, несущие прямой ущерб транспортной сфере и порождающие в обществе негативные социально-политические, экономические и психологические последствия;

криминальные действия против пассажиров;

криминальные действия против грузов;

кризисные происшествия (аварии), обусловленные состоянием транспортных технических систем (их изношенностью, аварийностью и несовершенством), нарушением правил эксплуатации технических систем, в том числе нормативных требований по экологической безопасности при перевозках, а также природными факторами, создающими аварийную обстановку и влекущими за собой материальные потери и человеческие жертвы.

е) основные виды конфликтных угроз:

нападения на объекты и их захват;

взрывы;

похищения людей;

применение отравляющих биологически активных и радиоактивных веществ;

преступления (правонарушения), совершаемые на улицах, объектах транспорта и иных общественных местах;

действия организованной преступности;

несанкционированные публичные мероприятия, массовые беспорядки.

ж) основные виды угроз информационной безопасности:

нарушение информационного обеспечения деятельности органов государственной власти, муниципальных предприятий и служб;

перехват трансляций телерадиовещания, систем оповещения и информирования населения;

несанкционированный доступ к информации о деятельности органов государственной власти, муниципальных предприятий и служб;

несанкционированный доступ к управлению информационными ресурсами;

оказание целенаправленного негативного информационного воздействия на население через средства массовой информации и информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет»;

неполная реализация прав граждан в области получения и обмена достоверной информацией, в том числе манипулирование массовым сознанием с использованием информационно-психологического воздействия;

провоцирование социальной, межнациональной и религиозной напряженности через деятельность отдельных (в том числе электронных) средств массовой информации;

распространение злоупотреблений в кредитно-финансовой сфере, связанных с проникновением в компьютерные системы и сети.

з) основные виды управленческих (операционных) рисков:

риски возникновения потенциально опасных техногенных угроз при работе с объектами муниципальной инфраструктуры;

нарушение нормальных условий жизнедеятельности населения в силу несвоевременного устранения последствий происшествий, аварий и чрезвычайных ситуаций;

риски причинения ущерба среде обитания и здоровью людей, а также дополнительных материальных расходов на устранение последствий чрезвычайных ситуаций и происшествий в силу низкой эффективности систем прогнозирования и поддержки решений.

4.3.5. Целью актуализации и разработки прогнозных и аналитических моделей является формирование общей межотраслевой базы знаний о различных видах угроз для различных социально-экономических систем федерального, регионального и муниципального уровней, а также разработка функциональных и технических требований по информационному и технологическому обеспечению доступа участников информационного обмена АПК «Безопасный город» к базе знаний (библиотеке) прогнозно-аналитических моделей.

4.3.6. В рамках разработки базы прогнозных и аналитических моделей должны быть выполнены следующие работы:

1) Проведен анализ существующей базы прогнозных и аналитических моделей, а также методик расчетов основных видов угроз Концепции, в том числе:

по каждому виду угроз Концепции определены профильные организации и ведомства, определяющие методики расчета и подходы к использованию прогнозных и аналитических моделей;

выполнен анализ существующих нормативных правовых и нормативно-технических документов, а также методик, прогнозных и аналитических моделей в составе действующих федеральных и иных систем обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, применяемых заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями, для оценки основных видов угроз Концепции;

на основании результатов исследований не менее чем в 5 репрезентативных субъектах Российской Федерации, выработаны критерии для определения типов приоритетных угроз, которые бы учитывали вероятность возникновения кризисной ситуации и происшествия, связанного с угрозой, потенциальную опасность для населения, потенциальный ущерб населению и территориям;

по каждому типу приоритетных угроз Концепции определен перечень соответствующих ему опасных событий, которые могут повлиять на обеспечение общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

на основании результатов исследований не менее чем в пяти репрезентативных регионах, определен перечень прогнозных и аналитических моделей по приоритетным угрозам, требующих разработки в компьютерной среде;

перечень приоритетных угроз, по которому должны быть выполнены работы по разработке в компьютерной среде прогнозных и аналитических моделей, должен включать как минимум одну угрозу из каждого вида угроз Концепции согласно ведомости (п. 3). При этом порядок разработки прогнозных и аналитических моделей в разрезе приведенной в Концепции группировки угроз может изменяться по согласованию с Заказывающим подразделением в соответствии с условиями государственного контракта.

2) С учетом разработанной онтологической модели проведена классификация прогнозных и аналитических моделей, в том числе:

проведен анализ существующих моделей и методов оценки видов угроз, определенных в Концепции, с учетом научной, методической и технологической проработки (наличия методик, расчетных алгоритмов, реализованных в программной среде моделей, актуальности) и приоритетности угрозы с точки зрения вероятности возникновения чрезвычайной ситуации, потенциальной опасности для населения, потенциального ущерба населению и территориям;

на основании результатов анализа существующих прогнозных и аналитических моделей по видам угроз Концепции разработаны критерии оценки актуальности и проработанности существующих прогнозных и аналитических моделей, которые должны учитывать научную, методическую и технологическую проработку и вероятность возникновения кризисной ситуации и происшествия, связанных с угрозой, включая

потенциальную опасность для населения, ущерб населению и территориям;

по согласованию с Заказывающим подразделением определен перечень прогнозных и аналитических моделей в соответствии с приоритетными типами угроз, требующих разработки в компьютерной (вычислительной) среде (не менее 10 моделей);

для перечня прогнозных и аналитических моделей, требующих разработки в компьютерной (вычислительной) среде, должны быть разработаны (актуализированы) методики расчета, при этом должны учитываться оперативные данные объектовых и территориальных систем мониторинга угроз общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности (при наличии такой возможности на территории пилотных субъектов Российской Федерации), возможности применения машинного обучения и искусственного интеллекта, больших данных и данных дистанционного зондирования земли;

по согласованию с Заказывающим подразделением из числа репрезентативных регионов выбрано не менее двух пилотных регионов, в которых будет осуществляться апробация разработанных в компьютерной среде прогнозных и аналитических моделей, при этом должна учитываться востребованность разрабатываемых прогнозных и аналитических моделей на территории выбранных пилотных регионов.

3) Разработано специальное программное обеспечение — цифровая библиотека прогнозных и аналитических моделей по основным видам угроз, описанных в Концепции, обеспечивающее доступ к информации о видах угроз по субъектам Российской Федерации, связанным с угрозой опасным событиям, методикам расчета, исходным программным кодам, в том числе:

ведение репозитория исходных кодов прогнозных и аналитических моделей;

выгрузку исходных программных кодов прогнозных и аналитических моделей;

ведение базы знаний по угрозам в разрезе субъектов Российской Федерации с возможностью представления информации на картографической подложке;

настройку работы разрабатываемых прогнозных и аналитических моделей применительно к территории пилотного региона, включая

разработку инструментов, обеспечивающих настройку работы с геоинформационными системами;

визуализацию расчетов разрабатываемых прогнозных и аналитических моделей в графическом виде (при возможности — на картографической подоснове) применительно к пилотным регионам, на основе информации о которых велась разработка;

визуализацию расчетов тестовых прогнозных и аналитических моделей (не менее 4) на картографической подоснове и доступных данных о территории регионов из открытых государственных информационных систем.

4) Выполнена программная реализация прогнозных и аналитических моделей по согласованному перечню приоритетных угроз Концепции в соответствии со следующими требованиями:

разработка прогнозных и аналитических моделей по видам угроз, находящимся в сфере деятельности ведомств и организаций (при отсутствии таких моделей или при необходимости их доработки), осуществляется согласно представляемым соответствующими ведомствами и организациями нормативным правовым, нормативно-техническим, методическим документам, регламентам, инструкциям и иным документам, определяющим подходы и порядок расчетов угроз и порядок реагирования на них (организационное обеспечение взаимодействия с ведомствами и организациями обеспечивается Заказывающим подразделением по запросу Исполнителя);

степень детализации прогнозных и аналитических моделей должна определяться исходя из практического назначения конкретной модели, с учетом обоснованного и оптимального соотношения между уровнем детализации модели (и, как следствие, достоверности результатов моделирования) и требуемых для этого ресурсов, а также представляемых заинтересованными федеральными органами исполнительной власти (государственными корпорациями) документов, регламентирующих порядок оценки таких угроз, в том числе порядок реагирования на них;

при расчете показателей разрабатываемых прогнозных и аналитических моделей должны использоваться оперативные данные (в том числе в режиме реального времени) объектовых и территориальных систем мониторинга угроз общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания и данные из открытых государственных

информационных систем, содержащих значимую информацию об объектах на территории пилотного региона (при наличии такой возможности);

при расчете показателей демонстрационных прогнозных и аналитических моделей могут использоваться исторические или синтетические данные из объектовых и территориальных систем мониторинга угроз общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности и данные из открытых государственных информационных систем, содержащих значимую информацию об объектах (при наличии такой возможности);

при разработке методов, используемых для определения последствий событий, связанных с угрозой, должны быть проанализированы и учтены: сопутствующие факторы, влияющие на последствия (географическое положение, рельеф местности, климатическая зона, погодные условия и другие особенности региона); наличие сил и средств реагирования на последствия кризисной ситуации или происшествия, для которого определяется угроза; учет вторичных последствий (в результате возникновения других видов угроз, в том числе их совокупности) и т. д.; пороговые значения критериев оценки угроз должны определяться на основе нормативных правовых и нормативно-технических документов, или разработаны Исполнителем в случае отсутствия требований в указанных документах, позволяющих определить данные значения;

разработка прогнозных и аналитических моделей, реализуемых для приоритетных видов угроз, описанных в Концепции, выполняется поэтапно в соответствии с очередями выполнения работ, предусмотренными п. 3;

разработка прогнозных и аналитических моделей, реализуемых для приоритетных видов угроз, описанных в Концепции, осуществляется для наихудшего и для наиболее вероятного сценариев развития угрозы, если профильными ведомствами и организациями не представлены методики и (или) методические документы по учету иных сценариев развития угрозы;

программная реализация прогнозных и аналитических моделей осуществляется после их согласования с органами публичной власти и экспертными сообществами (определяемыми Заказывающим подразделением);

апробация программной реализации прогнозных и аналитических моделей и их уточнение (при необходимости) осуществляется в ходе

поэтапного проведения опытной эксплуатации на испытательном стенде на базе данных пилотных субъектов Российской Федерации, определяемых Заказывающим подразделением, при этом необходимый и достаточный объем мероприятий, проводимых с целью проверки достоверности программной реализации прогнозных и аналитических моделей, определяется в программе и методике проведения опытной эксплуатации на испытательном стенде.

5) По разрабатываемым прогнозным и аналитическим моделям по приоритетным видам угроз должно быть выполнено подробное описание алгоритмов и методик расчета, включающих:

содержательную постановку задачи на концептуальном уровне;

определения и условные обозначения, описание угрозы и связанных с ней рисков и опасных событий, влияющих на обеспечение общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания, а также описание связей с другими типами угроз;

состав входных данных и порядок их представления;

применяемые прогнозную и аналитическую моделью ограничения и допущения, в том числе для входных данных;

алгоритм решения;

состав выходных данных на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, а также для информирования населения;

общее описание визуализации выходных данных в геоинформационной системе АПК «Безопасный город».

4.3.7. В рамках программной реализации цифровой библиотеки прогнозных и аналитических моделей должен быть разработан соответствующий раздел порталного решения (web-сервис).

4.3.8. По завершению опытной эксплуатации исходные коды разработанных прогнозных и аналитических моделей должны быть помещены в репозиторий цифровой библиотеки прогнозных и аналитических моделей.

4.3.9. Применительно к пилотным регионам после опытной эксплуатации Заказывающему подразделению должна быть обеспечена возможность использования разработанных прогнозных и аналитических моделей, в том числе обеспечено обновление данных по территории, поддержка работоспособности адаптеров и источников информации.

4.4. Требования к сценариям реагирования ЕДДС на кризисные ситуации и происшествия при координации работы служб и ведомств

и их взаимодействия на основе прогнозных и аналитических моделей с поэтапным проведением опытной эксплуатации в пилотных субъектах Российской Федерации

4.4.1. Сценарий реагирования — это определяемая внешними факторами последовательность действий, выполняемая определенной организационной единицей, привлекаемой к предупреждению либо реагированию на угрозу общественной безопасности, правопорядку или безопасности среды жизнедеятельности.

Организационные единицы обеспечивают:

комплексный мониторинг состояния систем обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

реагирование на угрозы общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности.

В рамках реагирования на угрозы организационные единицы выполняют устоявшийся набор действий в соответствии с компетенциями и полномочиями, в том числе определенными нормативными, правовыми, организационными, планирующими документами, инструкциями и регламентами. Компетенции и полномочия таких организационно-технических систем с одной стороны определяются регламентами, с другой — разработанной онтологической моделью.

Сценарий реагирования определяет модель действий для организационных единиц с учетом определенных онтологической моделью связей между угрозой (согласно систематизированному перечню рисков и идентифицированных опасных событий, связанных с данной угрозой) и субъектно-объектных связей между участниками взаимодействия.

Сценарии реагирования разрабатываются для каждой разрабатываемой в рамках НИОКР прогнозную и аналитической модели.

В рамках АПК «Безопасный город» совокупность сценариев реагирования по определенному событию формирует совокупный план реагирования, в котором обобщены действия всех участников взаимодействия по выявленной угрозе.

Целевыми пользователями сценариев реагирования являются службы и ведомства (организации) в контуре информационного взаимодействия АПК «Безопасный город».

Целевыми пользователями совокупных планов реагирования являются органы повседневного управления РСЧС регионального

и муниципального уровней, а также должностные лица или структуры органов публичной власти, отвечающие за обеспечение общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности.

4.4.2. В целях повышения эффективности взаимодействия участников АПК «Безопасный город» должна быть разработана цифровая библиотека сценариев реагирования и совокупных планов реагирования по приоритетным видам угроз, описанных в Концепции, а также разработаны организационные и технические средства управления деловыми процессами (действиями), обеспечивающими автоматизированное формирование сценариев и совокупных планов реагирования, что предполагает:

1) Систематизацию участников взаимодействия по угрозам общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности на муниципальном, региональном и федеральном уровнях, включая:

исследование нормативной, правовой, методической, регламентной баз репрезентативных регионов регулирующих вопросы взаимодействия служб и организаций в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

категоризацию участников взаимодействия в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности для пилотных регионов;

декомпозицию отраслевых и ведомственных связей применительно к функциям, выполняемым участниками информационного взаимодействия в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности для пилотных регионов;

типизацию участников информационного взаимодействия по отраслевому, функциональному признаку, а также виду угроз;

разработку типовых функциональных матриц участников информационного взаимодействия в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности в разрезе функций, отраслей, ведомственной и организационной принадлежности;

разработку типовых функциональных матриц участников информационного взаимодействия в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности в разрезе функций, отраслей, ведомственной и организационной принадлежности.

2) Систематизацию требований к сценариям реагирования и совокупным планам реагирования для участников взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город», включая:

анализ требований к реагированию на приоритетные угрозы служб и ведомств и их взаимодействия, регламентированных законодательными и нормативными правовыми актами Российской Федерации, нормативными правовыми актами федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления и организаций на территории репрезентативных регионов, а также нормативно-техническими и методическими документами по построению и внедрению АПК «Безопасный город»;

анализ существующих процессов реагирования органов управления, сил и средств федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций на территории репрезентативных регионов, в полномочия которых входит решение вопросов обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

анализ применяемых методов сбора, обработки, анализа информации по приоритетным видам угроз, принятия решений по реагированию, организации взаимодействия, а также координации и управления силами и средствами территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций на территории репрезентативных регионов, в полномочия которых входит решение вопросов обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

определение критериев, при которых необходимо реагирование органов управления, сил и средств федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций, применительно к перечням опасных событий по приоритетным видам угроз и связанным с ними кризисных ситуаций и происшествий, определенным на этапе их идентификации при разработке прогнозных и аналитических моделей, а также пороговых значений данных критериев;

определение перечней выполняемых мероприятий по каждой кризисной ситуации и происшествию, ассоциированному с приоритетной

угрозой (применительно к пилотным регионам), включая набор правил для этих мероприятий, определяющих: критерии, при которых они выполняются, их пороговые значения; временные характеристики; органы управления, силы и средства, ресурсы муниципального образования, необходимые для реагирования в кризисных ситуациях и происшествиях; критерии, при которых задействуются силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и организаций; контролируемые объекты, в ходе выполнения мероприятий; связи с другими видами угроз, а также другие количественные и качественные показатели, позволяющие оценить особенности субъектов Российской Федерации и специфику выполняемых мероприятий;

определение методов, обеспечивающих проведение оценки эффективности реагирования органов управления, сил и средств федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций на территории пилотных регионов, в полномочия которых входит решение вопросов обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, а также определение приоритетности выполняемых мероприятий и их объемов.

3) Разработку типовых сценариев реагирования на кризисные ситуации и происшествия, применительно к разрабатываемым в рамках НИОКР прогнозным и аналитическим моделям, включая:

разработку на основании онтологической модели базы атомарных единиц (действий) по каждой типовой службе (функциональному направлению);

формирование на основе атомарных единиц (действий) сценариев реагирования типовых служб в соответствии с онтологической моделью;

формирование на основе атомарных единиц (действий) совокупных планов реагирования для участников взаимодействия в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

разработку матрицы сценариев реагирования на приоритетные виды угроз для фактических участников взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город»;

разработку типизированного набора матриц реагирования на приоритетные виды угроз.

4) Разработку специального программного обеспечения цифровой библиотеки типовых сценариев реагирования по приоритетным типам угроз для всех участников взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город», обеспечивающей следующие возможности:

доступ к описанию типовых сценариев реагирования по приоритетным видам угроз с детализацией типовых действий участников взаимодействия;

доступ к информационной базе нормативных, методических, технологических документов по построению процессов взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город» с шаблонами и примерами документов;

выгрузку типизированного набора матриц реагирования на приоритетные виды угроз;

создания матриц реагирования на приоритетные угрозы.

5) Разработку специального программного обеспечения по управлению процессами взаимодействия (ВРМ) со следующими возможностями:

ведение базы типизированных участников взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город» с их описанием;

ведение базы атомарных единиц (действий) по приоритетным видам угроз с их описанием;

управление связями между отраслями, участниками, угрозами и действиями;

построение сценариев реагирования в графическом интерфейсе конструктора сценариев;

создание и хранение сценариев реагирования на основании разработанных шаблонов сценариев по приоритетным типам угроз.

4.4.3. Типовые сценарии реагирования должны разрабатываться со степенью детализации, учитывающей связанные с угрозой кризисные ситуации и происшествия, а также представляемые заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями документы, регламентирующие порядок реагирования на угрозы.

Типовой сценарий реагирования должен включать:

содержательную постановку задачи на концептуальном уровне;

определения и условные обозначения, описание сценария, связанной с ним угрозы общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности, описание связей с другими угрозами, а также

взаимодействующих служб и ведомств, с характеристикой решаемых ими задач;

типовой алгоритм действий ЕДДС при координации работы служб и ведомств, с учетом распределения задач, обеспечения взаимодействия и координации их выполнения;

типовой алгоритм постановки задач (решений) на выполнение мероприятий, в том числе снятия их с контроля при выполнении, а также с учетом возможности параллельного или последовательного выполнения мероприятий соответствующими службами и ведомствами;

формализованный перечень мероприятий, и правил, характеризующих условия и особенности их выполнения в разрезе действий каждого участника взаимодействия в рамках соответствующего сценария;

выбранные методы решения задачи, в том числе по определению: необходимости реагирования ЕДДС, взаимодействующих служб и ведомств на кризисные ситуации и происшествия; приоритетности выполняемых мероприятий и объемов задач, решаемых в ходе их выполнения; эффективности реагирования ЕДДС (контроль процесса реагирования); эффективности реагирования взаимодействующих служб и ведомств на опасные события и др. количественных и качественных характеристик, учитывающих особенности выполняемых мероприятий;

состав входных данных и порядок их представления;

применяемые ограничения и допущения, в том числе для входных данных;

алгоритм действий участников;

состав выходных данных.

4.4.4. Методы решения задач в типовом сценарии реагирования и алгоритмы их реализации должны обеспечивать возможность модификации сценария с учетом:

оперативных данных объектовых и территориальных систем мониторинга угроз общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания (в обязательном порядке при наличии такой возможности);

мониторинга угроз, а также определения всех контролируемых объектов (объектов экономики и инфраструктуры, социально-значимых объектов, различных категорий населения и т. д.) на основе прогнозных и аналитических моделей;

наличия сил и средств для реагирования на кризисные ситуации и происшествия;

возможностей использования методов и технологий обработки структурированных и неструктурированных данных больших объемов «BigData» (машинное обучение, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы и др.).

4.4.5. В рамках программной реализации решений цифровой библиотеки сценариев и управления процессами взаимодействия (BPM) должен быть разработан соответствующий раздел порталного решения (web-сервис).

4.4.6. Необходимый и достаточный объем мероприятий, проводимых с целью апробации программной реализации типовых сценариев, должен быть определен в программе и методике проведения опытной эксплуатации на испытательном стенде.

4.4.7. По завершению опытной эксплуатации на испытательном стенде типовые сценарии, включая их программную реализацию, формируются в библиотеке сценариев согласно видам рисков.

Требования к проведению опытной эксплуатации реализованных прогнозно-аналитических моделей и сценариев реагирования в пилотных субъектах Российской Федерации представлены в пункте 4.9. настоящего Технического задания.

4.5. Требования к стандартам межуровневого и межведомственного взаимодействия с разработкой единого стека открытых протоколов

4.5.1. Стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия определяют порядок и состав данных, передаваемых в рамках информационного взаимодействия участников АПК «Безопасный город», а также определяют технические требования к форматам обмена данными.

Стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия определяются: онтологической моделью АПК «Безопасный город»; организационной и технической доступностью данных.

В рамках разработки стандартов межуровневого и межведомственного взаимодействия должны быть выполнены следующие работы:

1) Определены и классифицированы на основании онтологической модели в соответствии с ведомственной и территориальной принадлежностью и отношению к видам угроз, описанным в Концепции, участники информационного обмена федерального

уровня — организационно-технические системы федеральных органов исполнительной власти и организации, вовлеченные в процессы, связанные с мониторингом и реагированием на угрозы общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности.

2) Для репрезентативных регионов определены и классифицированы на основании онтологической модели в соответствии с ведомственной и территориальной принадлежностью и отношению к типам угроз (согласно Концепции) участники информационного обмена регионального уровня — организационно-технические системы органов исполнительной власти, органов местного самоуправления и организаций на территории соответствующих репрезентативных регионов, вовлеченные в процессы, связанные с мониторингом и реагированием на угрозы общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности.

3) На основании нормативных, правовых, методических, регламентирующих документов федерального уровня, регулирующих порядок информационного обмена участников взаимодействия в сфере общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, определены необходимые и достаточные категории данных в разрезе участников информационного взаимодействия для выполнения предусмотренных Концепцией функций центров координации и взаимодействия регионального и муниципального уровней (функциональный блок координации работы служб и ведомств).

4) На основании нормативных правовых, методических, регламентирующих документов репрезентативных регионов, регулирующих порядок информационного обмена участников взаимодействия в сфере общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, определены необходимые и достаточные категории данных в разрезе участников информационного взаимодействия для выполнения предусмотренных Концепцией функций центров координации и взаимодействия регионального и муниципального уровней (функциональный блок координации работы служб и ведомств).

5) Проведен анализ федеральных государственных информационных систем — источников информации об угрозах (согласно Концепции), материальных объектах социально-экономических систем, субъектах организационно-технических систем в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, в том числе:

сформирован широкий перечень информационных систем федерального уровня, содержащих информацию об объектах и субъектах онтологической модели АПК «Безопасный город», применительно к приоритетным угрозам и связанным с ними сценариям реагирования, включая государственные информационные системы федеральных органов исполнительной власти в области обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, государственные информационные системы — источники информации об угрозах и объектах защиты, государственные информационные системы — получатели информации об угрозах населению и территориям муниципальных образований.

на примере репрезентативных регионов выработаны критерии приоритетов для включения федеральных государственных информационных систем в контур информационного взаимодействия АПК «Безопасный город», учитывающие полноту данных, открытость данных, форматы обмена информацией, организационные и технические ограничения;

на основании выработанных критериев приоритетов для включения государственных информационных систем в контур информационного взаимодействия АПК «Безопасный город» сформирован перечень из не менее чем 10 приоритетных федеральных государственных систем для включения в контур информационного обмена АПК «Безопасный город».

б) Определены перечни массивов данных и форматы взаимодействия с приоритетными федеральными государственными информационными системами в рамках межуровневого и межсистемного взаимодействия АПК «Безопасный город», в том числе:

разработаны протоколы обмена данными с федеральными государственными информационными системами, обеспечивающими взаимодействие экстренных и оперативных служб и органов повседневного управления регионального и муниципального звена РСЧС (АИУС РСЧС, ЭРА ГЛОНАСС, МНИС ГЛОНАСС), а также инфраструктурными платформенными решениями «Цифровой экономики» (при условии ввода в эксплуатацию Единой информационной платформы национальной системы управления данными);

разработаны протоколы обмена данными с прочими приоритетными федеральными государственными информационными системами;

разработаны технические условия для подключения внешних федеральных государственных систем к данным АПК «Безопасный город»,

стандартизирующие структуру массивов данных и протоколы их передачи во внешние государственные системы (описание открытого API).

7) На основании описания массивов данных и протоколов информационного взаимодействия с приоритетными государственными информационными системами разработаны проекты национальных стандартов обмена информацией (ГОСТ) в рамках АПК «Безопасный город», в том числе: проведено профилирование участников информационного взаимодействия по типам необходимой для выполнения их функций информации — определены наборы данных по каждой категоризированной группе участников взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город».

8) Обеспечено сопряжение с приоритетными федеральными государственными информационными системами и проведена его апробация на испытательном стенде, при этом сопряжение должно осуществляться: с использованием тестовых сред;

на основании документации с описанием массивов данных и протоколов взаимодействия внешних систем, предоставляемых Исполнителю владельцем соответствующей федеральной государственной информационной системы при организационной поддержке Заказывающего подразделения;

на тестовых данных специально разработанных эмуляторов, при этом значения данных должны быть максимально приближены к данным эксплуатируемой государственной информационной системы или должны использоваться копии таких данных.

9) По всем межуровневым и межведомственным связям выполнена классификация данных по необходимым уровням защиты информации.

10) Разработана система регламентирующих процессов информационного обмена нормативных документов федерального, регионального и муниципального уровней (проектов).

4.5.2. Назначением ЕСОП АПК «Безопасный город», а также взаимодействующих с ним комплексов средств автоматизации (далее — КСА) является формализация форматов, правил и регламентов взаимодействия между всеми участниками межсистемного, межуровневого и межведомственного обмена в рамках АПК «Безопасный город».

ЕСОП на техническом уровне обеспечивает процессы межсистемного, межуровневого и межведомственного обмена, предусмотренные в рамках взаимодействия участников АПК «Безопасный город».

ЕСОП должен:

содержать семантические модели данных, участвующих в информационном взаимодействии КСА и представлять собой средство представления структуры предметной области АПК «Безопасный город»;

содержать описание протоколов информационного взаимодействия между участниками единой информационной среды АПК «Безопасный город»;

определять регламенты и права доступа к данным для всех участников взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город».

4.5.3. В рамках разработки ЕСОП должны быть выполнены следующие работы:

1) Проведено для репрезентативных регионов обследование программно-аппаратных решений в сфере обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности и выполнена типизация внешних по отношению к АПК «Безопасный город» информационных и автоматизированных систем по назначению и способу взаимодействия.

2) Разработан для каждого типа подключаемых систем стандартизированный протокол информационного обмена.

3) При разработке ЕСОП в общий глоссарий включены темы извещений в соответствии с видами угроз онтологической модели, в том числе:

природные угрозы;

техногенные угрозы;

биолого-социальные угрозы;

экологические угрозы;

угрозы транспортной безопасности;

конфликтные угрозы;

угрозы информационной безопасности;

и другие в соответствии с онтологической моделью АПК «Безопасный город».

4) Разработано специальное программное обеспечение модуль открытого интерфейса программирования ЕСОП АПК «Безопасный город» (open API АПК «Безопасный город») определяющее технические условия для подключения внешних систем к АПК «Безопасный город» в соответствии с типом подключаемой внешней системы.

4.5.4. Протоколы в составе ЕСОП должны:

быть независимыми от технических и программных средств реализации внешних систем и других участников информационного взаимодействия;

обеспечить прямые вызовы к системам (например, запрос сведений или отправка управляющей команды) преимущественно в рамках стека технологий веб-сервисов с применением протоколов XML / SOAP / HTTP.

в части взаимодействия с системами при необходимости дополнительно определять спецификации веб-сервисов и соответствующие требования по доступу к ним в части получения сведений об устройствах (например, видеокамерах, пожарных датчиков), их географическом местоположении (адрес и/или географические координаты), областях обзора (для видеокамер).

4.6. Требования к конвертерам (адаптерам) для существующих и перспективных информационных систем всех уровней на основе единого стека открытых протоколов

4.6.1. В рамках АПК «Безопасный город» технологически информационное взаимодействие со смежными системами, являющимися источниками информации для координации и поддержки принятия решений, на программном уровне производится по каналам передачи данных путем обмена электронными сообщениями установленного формата и содержания.

Конвертеры (адаптеры) в автоматическом режиме без участия человека обеспечивают прием и преобразование данных с последующей передачей в автоматизированные системы функционального блока Концепции «Координация работы служб и ведомств и их взаимодействие».

4.6.2. В рамках НИОКР на основании данных репрезентативных регионов должны быть определены обязательные для включения в ЕСОП и последующей разработки типовых адаптеров сопряжения отраслевые и объектовые системы — источники информации, необходимые и достаточные для информационного обеспечения целевых функций центров координации и взаимодействия функционального блока координации работы служб и ведомств АПК «Безопасный город».

Перечень типов отраслевых и объектовых систем должен включать:

объектовые телеметрические системы безопасности (пожарной охраны, сигнализации, безопасности объектов транспортной инфраструктуры);

телеметрические системы мониторинга окружающей среды;

телеметрические системы мониторинга работоспособности объектов инфраструктуры ЖКХ.

системы видеонаблюдения;

автоматизированные системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по номеру 112;

спутниковые навигационные системы ГЛОНАСС;

СПО интерфейсов взаимодействия АПК «Безопасный город» со следующими типами автоматизированных систем, входящими в состав функциональных блоков АПК «Безопасный город»:

геоинформационные системы;

системы информирования и оповещения населения;

системы раннего предупреждения лесных пожаров;

системы экстренной связи.

4.6.3. Для каждого из типов отраслевых и объектовых систем должны быть разработаны стандартизированные протоколы информационно-технического взаимодействия, которые должны быть включены в ЕСОП АПК «Безопасный город».

4.6.4. На основании стандартизированных протоколов информационно-технического взаимодействия должны быть разработаны опытные образцы программного обеспечения универсальных конвертеров (адаптеров) сопряжения АПК «Безопасный город» с приведенными типами отраслевых и объектовых систем.

Разрабатываемые конвертеры (адаптеры) сопряжения должны обеспечивать возможность включения в контур информационного обмена АПК «Безопасный город» отраслевых и объектовых систем, указанных типов, без дополнительной разработки или адаптации сопрягаемых автоматизированных систем.

В рамках настоящего НИОКР специальное программное обеспечение конвертеров (адаптеров) сопряжения АПК «Безопасный город» должно поддерживать сопряжение не менее чем с двумя отраслевыми или объектовыми системами по каждому указанному типу таких систем.

4.6.5. Апробация работы специального программного обеспечения адаптеров сопряжения с отраслевыми и объектовыми системами должна выполняться в тестовой среде на данных максимально приближенных к реальным или копии таких данных.

4.6.6. Сервисная шина обмена данными является инструментом обеспечения взаимодействия между источниками и получателями

информации, основными задачами которой являются: организация взаимодействия между системами на основе сервисов, включая их публикацию, объединение и использование, взаимодействие с различными источниками данных и информационными системами, унификация структуры полученных разнородных данных, обеспечение гибкости и скорости реализации новых сценариев взаимодействия.

4.6.7. Разрабатываемые конвертеры (адаптеры) должны отвечать следующим требованиям:

в конфигурации конвертера (адаптера) с внешней системой указываются необходимые для получения данных спецификации (в том числе требования к различным слоям метаданных, которых будут описывать данные в каждой из систем, вовлеченных в процессы информационного обмена АПК «Безопасный город»);

идентификатор внешней системы присваивается каждой системе в процессе регистрации внешней системы и прописывается в конфигурацию;

конвертеры (адаптеры) и сервисная шина обмена данными обеспечивают трансляцию внешних данных в динамическом режиме, замену (маппинг) идентификаторов, параметров, определенных соответствующим разработанным протоколом обмена данными;

сервисная шина обмена данными транслирует соответствующим модулям сопряжения ответные данные, например, с целью управления удаленными устройствами внешних систем, передачи статусов обработки.

4.7. Испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений при проектировании и внедрении систем АПК «Безопасный город»

4.7.1. Испытательный стенд является оборудованием, необходимым для достижения результатов НИОКР — единым изделием, представляющим собой комплекс средств автоматизации, объединяющий разработанные в рамках НИОКР технические решения и обеспечивающий их совместную работу в рамках решения следующих задач:

управления онтологической моделью данных АПК «Безопасный город», ведение справочников и классификаторов АПК «Безопасный город»;

апробации прогнозных и аналитических моделей, выполненных в компьютерной среде, применительно к данным пилотных регионов;

формирования и сопровождения функций цифровой библиотеки прогнозных и аналитических моделей;

апробации сценариев реагирования, выполненных в компьютерной среде, применительно к разработанным в рамках НИОКР прогнозным и аналитическим моделям, выполненным применительно к данным пилотных регионов;

формирования и сопровождения цифровой библиотеки сценариев реагирования ЕДДС на кризисные ситуации и происшествия для координации работы служб и ведомств и их взаимодействия;

разработки и тестирования адаптеров (конвертеров) для существующих и перспективных информационных систем разных уровней на основе единого стека открытых протоколов;

отработки межсистемного взаимодействия с эмуляцией подключения к внешним информационным системам;

отработки решений по защите информации.

4.7.2. Все компоненты Испытательного стенда должны быть взаимосвязаны в единую систему (программно-аппаратную платформу), функциональные возможности и технические характеристики которой позволят обеспечивать решение возложенных задач в целях достижения заданных результатов НИОКР.

4.7.3. Испытательный стенд должен включать функциональные модули (подсистемы), разработанные в рамках настоящей НИОКР, а также обеспечивающие их работу модули ядра испытательного стенда:

сервисная шина обмена данными;

геоинформационную подсистему;

web-портал с соответствующими разделами по основным результатам НИОКР;

подсистему управления справочниками и классификаторами (ПУСК);

онтологическую модель АПК «Безопасный город», выполненную в компьютерной (вычислительной) среде и подсистему управления деловыми процессами реагирования и предупреждения на кризисные ситуации и происшествия и процессами взаимодействия (ВРМ) в области общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

цифровую библиотеку прогнозных и аналитических моделей;

прогнозные и аналитические модели по основным видам угроз, описанных в Концепции и разработанные в рамках НИОКР, в компьютерной (вычислительной) среде;

цифровую библиотеку сценариев реагирования;

типовые сценарии реагирования по разрабатываемым в рамках НИОКР прогнозным и аналитическим моделям по основным видам угроз, описанных в Концепции;

конвертеры (адаптеры) сопряжения и эмуляторы внешних автоматизированных систем;

специальное программное обеспечение модуль открытого интерфейса программирования ЕСОП АПК «Безопасный город».

4.7.4. Сервисная шина обмена данными входит в состав ядра Испытательного стенда и является инструментом обеспечения взаимодействия между источниками и получателями информации, выполняющим следующие основные задачи:

организация взаимодействия между системами на основе сервисов, включая их публикацию, объединение и использование;

взаимодействие с различными источниками данных и информационными системами;

унификация структуры полученных разнородных данных;

обеспечение гибкости и скорости реализации новых сценариев взаимодействия.

4.7.5. Геоинформационная подсистема входит в состав ядра испытательного стенда и является инструментом для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации об объектах баз данных, выполняющим следующие основные задачи:

выполнение пространственных измерений;

масштабирование, свободное перемещение электронной карты;

получение справочной информации по объектам карты;

нанесение на карту объектов, зон и связанной с ними информации;

выполнение атрибутивного поиска на карте объектов классифицированных типов;

включение или выключение отображаемых картографических слоев;

обновление картографических материалов, на основе поступающих данных в общепринятых ГИС форматах (через импорт слоев или посредством программного сопряжения);

поддержка функций управления пространственным банком данных (создание слоев, семантических характеристик, библиотек условных знаков, справочников и классификаторов);

возможность ведения общероссийских адресных справочников, справочников территориальных единиц, классификаторов улиц (ФИАС, КЛАДР ОКАТО).

4.7.6. Web-портал входит в состав ядра Испытательного стенда и должен обеспечить доступ пользователей к данным и функциям подсистем Испытательного стенда с использованием web-технологий (в сети интернет), в том числе:

обеспечить доступ к справочной информации цифровой библиотеки прогнозных и аналитических моделей;

обеспечить доступ к справочной информации цифровой библиотеки сценариев реагирования;

обеспечить доступ к справочной информации онтологической модели данных АПК «Безопасный город»;

обеспечить возможность создания и редактирования сценариев и совокупных планов реагирования,

обеспечить возможность создания и редактирования функциональных матриц (проектов карт) по организации взаимодействия участников АПК «Безопасный город»;

обеспечить возможность моделирования тестовых прогнозных и аналитических моделей, а применительно к пилотным субъектам Российской Федерации — разработанных прогнозных и аналитических моделей.

4.7.7. Подсистема управления справочниками и классификаторами (ПУСК) входит в состав ядра Испытательного стенда и должна обеспечить управление справочниками и классификаторами АПК «Безопасный город», тем самым определив на федеральном уровне структуру массивов данных для всех систем блока координации и взаимодействия служб и ведомств АПК «Безопасный город».

ПУСК должна обеспечивать выполнение следующих функций:

централизованное хранение и управление структурированной справочной информацией (служебные справочники и классификаторы);

ведение общей системы кодирования и классификации информации;

ведение единой модели данных, позволяющей универсально описать разнородную справочную информацию, циркулирующую между сопрягаемыми автоматизированными системами;

управление иерархическими классификаторами, в части создания и изменения их структуры;

управление связями между справочниками и классификаторами;

управление качеством справочных данных.

4.7.8. Онтологическая модель АПК «Безопасный город», выполненная в компьютерной (вычислительной) среде, является функциональной подсистемой, визуализирующей и позволяющей редактировать онтологическую модель АПК «Безопасный город».

Требования к онтологической модели данных АПК «Безопасный город» приведены в п. 4.2.

4.7.9. Подсистема управления процессами взаимодействия (ВРМ) является функциональной подсистемой, требования к которой описаны в пп. 5 п. 4.4.2;

4.7.10. Цифровая библиотека прогнозных и аналитических моделей является функциональной подсистемой, требования к которой описаны в п. 4.3;

4.7.11. Цифровая библиотека сценариев реагирования является функциональной подсистемой, требования к которой описаны в п. 4.4;

4.7.12. Конвертеры (адаптеры) сопряжения и эмуляторы внешних автоматизированных систем являются программным обеспечением для взаимодействия с внешними системами:

приоритетными федеральными государственными информационными системами;

отраслевыми и объектовыми системами.

4.7.13. Специальное программное обеспечение модуля открытого интерфейса программирования ЕСОП АПК «Безопасный город» является инструментом для интеграции внешних информационных систем — потребителей информации АПК «Безопасный город» и должен обеспечивать возможность по стандартизированному запросу передавать во внешние автоматизированные системы определенный набор данных или результаты работы функций.

4.7.14. Испытательный стенд должен включать общесистемное программное обеспечение и средства разработки прикладного программного обеспечения, обеспечивающие работу функциональных модулей

и включающие операционные системы, системы управления базами данных, системы виртуализации, управления хранением данных и т. п.

4.7.15. В целях проработки вопросов обеспечения информационной безопасности и апробации решений по защите данных должны быть разработаны тестовые среды эмулирующие сопряжения Испытательного стенда с внешними системами для которых должен быть прототип подсистемы защиты информации (ПЗИ).

Реализация ПЗИ проводится в целях:

проверки работоспособности и совместимости выбранных средств защиты информации с информационными технологиями и техническими средствами;

проверки выполнения выбранными средствами защиты информации требований к системе защиты информации информационной системы;

корректировки проектных решений, разработанных при создании информационной системы и (или) системы защиты информации информационной системы.

При реализации ПЗИ:

должны быть учтены требования нормативных правовых актов Российской Федерации в области защиты информации, в том числе: постановлений Правительства Российской Федерации от 6 июля 2015 г. № 676 «О требованиях к порядку создания, развития и ввода в эксплуатацию, эксплуатации и вывода из эксплуатации государственных информационных систем и дальнейшего хранения содержащейся в их базах данных информации», от 1 ноября 2012 г. № 1119 «Об утверждении требований к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных», приказа ФСТЭК от 11.02.2013 № 17 «Об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах», приказа ФСТЭК от 18.02.2013 № 21 «Об утверждении состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных»;

должны быть разработаны проекты модели угроз безопасности информации в соответствии с нормативными и методическими документами ФСТЭК России и модели угроз (нарушителя) безопасности информации, в части использования средств криптографической защиты информации, в соответствии с методическими документами ФСБ России.

Также должны быть соблюдены следующие требования:

для разработки моделей угроз безопасности информации проектирования ПЗИ Заказывающее подразделение на основании исходных данных обеспечивает организационную поддержку Исполнителю по формированию перечня информации, подлежащей защите от несанкционированного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также иных неправомерных действий в отношении такой информации;

ПЗИ должна быть разработана по отдельному частному техническому заданию на создание системы защиты информации, в том числе: на основании модели угроз должен быть разработан комплекс средств информационной безопасности;

программа и методики опытной эксплуатации испытательного стенда должна включать соответствующие разделы в части проверки (апробации) ПЗИ;

средства защиты информации, определенные в частном техническом задании на создание системы защиты информации, должны быть установлены и настроены в соответствии с руководством пользователя и руководством администратора;

для обеспечения защиты информации, содержащейся в информационной системе, должны применяться средства защиты информации, прошедшие оценку соответствия в форме обязательной сертификации на соответствие требованиям по безопасности информации в соответствии со статьей 5 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

4.7.16. В рамках выполнения НИОКР не предусматривается подключение к действующим системам АПК «Безопасный город» или государственным информационным системам.

Апробация взаимодействия с данными системами осуществляется в тестовых средах и при помощи эмуляторов, передающих в подсистемы Испытательного стенда данные в формате внешних систем, с которыми предусматривается взаимодействие, при этом статистически приближенные к данным реальных источников информации.

Для генерации рядов данных рекомендуется использовать математические алгоритмы (например — историческая симуляция, метод Монте-Карло и другие численные методы для анализа случайных процессов),

позволяющие сгенерировать схожий, по распределению с реальным, статистический ряд данных.

4.7.17. В составе Испытательного стенда должно быть предусмотрено техническое обеспечение, минимальные требования к которому приведены в настоящем Техническом задании.

На этапе технического проектирования Испытательного стенда (этап 1 НИОКР) по согласованию с Заказывающим подразделением Исполнителем могут быть, при необходимости, определены перечень и технические характеристики дополнительных технических средств, необходимых в составе Испытательного стенда для достижения целей НИОКР и обеспечения функциональных возможностей Испытательного стенда в соответствии с Техническим заданием, в пределах цены, установленной государственным контрактом.

Исполнитель должен изменить указанные минимальные технические характеристики в большую сторону, если нагрузочные испытания производительности оборудования покажут нехватку вычислительных или иных ресурсов.

Исходя из схожести задач, решаемых с использованием Испытательного стенда, и задач, решаемых системами блока координации работы служб и ведомств АПК «Безопасный город», а также в целях совместимости типов используемого оборудования при создании комплекса технических средств Испытательного стенда должны учитываться ЕТТ (приведены в исходных данных на выполнение НИОКР).

Техническое обеспечение Испытательного стенда должно обеспечивать:

1. Ведение интеграционной платформы обмена данными, которая в соответствии с определенными правилами и алгоритмами обеспечивает обработку данных, поступающих от АПК «Безопасный город» уровня субъекта Российской Федерации, а также автоматизированных систем федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации;

ведение интеграционной платформы управления видеопотоками, обеспечивающую обработку, управление и анализ видеопотоков;

ведение геоинформационной интеграционной платформы, обеспечивающей пространственное отражение данных из различных компонентов комплексов «Безопасный город» региональной платформы

ведение единой системы электронного документооборота и контроля поручений в рамках комплекса «Безопасный город» на региональном уровне;

ведение системы обработки и хранения данных с поддержкой распределенного хранения данных;

ведение прикладных функциональных систем, предназначенных для обеспечения эффективного решения управленческих задач пользователей комплекса «Безопасный город».

Информационно-вычислительная инфраструктура и система хранения данных испытательного стенда должна включать:

подсистему вычислительных комплексов;

подсистему хранения данных;

подсистему виртуализации;

подсистему администрирования;

2. Подсистемы вычислительных комплексов, которые должны состоять из виртуально объединенных в общий пул физических серверных вычислительных узлов. Из общего пула вычислительных ресурсов для каждой целевой функциональной подсистемы СПО АПК «Безопасный город» посредством предустановленного общесистемного программного обеспечения формируются вычислительные узлы (виртуальные серверы), для которых на стадии технического проектирования определяются необходимые вычислительные мощности, которые можно перераспределить или нарастить (путем установки дополнительных серверных вычислительных узлов) при необходимости.

В рамках разработки онтологической модели требуются высокоплотные вычисления, что в свою очередь требует модульную архитектуру. Предполагаемые объемы вычислений обуславливают необходимость выделения независимых вычислительных потоков в количестве 256 единиц с возможностью логического увеличения до 512 единиц. При этом скорость обновления данных может варьироваться от $2.9 \cdot 10^9$ циклов в секунду, достигая в режиме максимальной нагрузки $3.9 \cdot 10^9$ циклов в секунду.

В моменте объем оперативных данных от различных источников может достигать до 1 Гб на вычислительный поток, и поддерживать скорость обмена

$2.93 \cdot 10^9$ циклов в секунду. Архивные данные в предварительных расчетах планируются до 2 Гб на вычислительный поток. Для минимизации

рисков технической неисправности, носители для архивных данных не должны содержать механических частей;

3. Высоконадежный комплекс. Предполагается разделение массива данных на «горячие», «теплые» и «холодные». В связи с чем необходимо предусмотреть как блочные методы хранения, так и файловые. Обмен данных между вычислительными комплексами и подсистемой хранения должны быть минимально возможными из имеющихся интерфейсов передачи данных SAN. Планируемые объемы данных тестового стенда могут достигать до 8 терабайт для «горячих» данных, и 8 терабайт для «холодных» данных. Для минимизации рисков технической неисправности, носители для «горячих» данных не должны содержать механических частей. Средневзвешенное время доступа к данным (чтение/запись), для полноценной реализации аналитических алгоритмов, должно быть минимальным. Также необходима возможность удаленного управления подсистемой хранения данных посредством стандартного браузера;

4. Размещение прикладных и служебных ИТ-сервисов под управлением среды виртуализации, абстрагирующей аппаратное обеспечение серверов x86-архитектуры, на которых эти сервисы функционируют, в том числе их вычислительные ресурсы и предоставляются средства кластеризации.

Подсистема виртуализации должна включать следующие компоненты: серверы виртуализации с установленными гипервизорами, с версией совместимой с проектируемыми средствами обеспечения информационной безопасности;

ПО управления средой виртуализации и кластеризации.

Должна быть обеспечена возможность общего доступа к файлам образов виртуальных серверов средствами файловой системы виртуальных машин.

Виртуальные серверы (машины) из каждого логического пространства должны выполняться на нескольких серверных вычислительных узлах (серверах виртуализации) и иметь резервные ресурсы для восстановления на них виртуальных серверов в случае отказов.

Соотношение виртуальных компонентов к физическим должно быть следующим:

виртуальных CPU к физическим (vCPU: pCPU) должен быть на уровне 2:1.;

виртуальной памяти к физической памяти (vRAM: pRAM) должен быть на уровне 1:1.

Состав и характеристики виртуальных серверов должны определяться на этапе технического проектирования и утверждаться по обоюдному согласию Исполнителя и Заказывающего подразделения.

Для резервирования серверных вычислительных узлов, на котором размещаются виртуальные машины, должно быть предусмотрено резервирование по схеме добавления одного избыточного элемента в группу, т.е. для данной группы устройств должна быть применена схема N+1, т.е., на группу нагруженных N серверных вычислительных узлов должен быть установлен один избыточный элемент, который в случае единичного отказа или в случае проведения регламентных работ позволит перенести развернутые виртуальные машины на резервный элемент:

5. Поддержку работы комплексной информационной среды АПК «Безопасный город», предоставляя специальному программному обеспечению типовые системные сервисы, необходимые для управления и администрирования остальными подсистемами. Типовые системные сервисы должны включать в себя контролеры домена, включая службы DNS и DHCP, сервер службы обновлений и др. Для оптимизации состава серверных вычислительных узлов функционал контролера домена, включая службы DNS и службы DHCP, а также сервер службы обновлений и др. должны быть реализованы в рамках виртуальной машины, посредством среды виртуализации.

Для мониторинга за основными параметрами испытательного стенда должны использоваться специальные программные модули.

Испытательный стенд должен иметь функциональные возможности по развертыванию существующих или вновь разработанных государственных информационных систем или их программных модулей, в целях определения возможности сопряжения и организации информационного обмена, данное требование должно быть реализовано посредством технологии виртуализации с выделением необходимых мощностей заинтересованному органу государственной власти.

6. Подсистему связи и передачи данных, в том числе СКС которая в свою очередь должна обеспечивать:

сопряжение и прием информации от территориально распределенных компонентов АПК «Безопасный город» уровня субъекта Российской Федерации;

возможность приема и передачи информации от внешних ведомственных и государственных автоматизированных систем (включая автоматизированные системы центров управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации, АИУС РСЧС, систему обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112», Государственную автоматизированную информационную систему «ЭРА-ГЛОНАСС», региональные навигационно-информационные системы, систему сбора результатов технического мониторинга и контроля объектов транспортной инфраструктуры «СС ТМК» и др.).

Архитектура транспортной подсистемы должна иметь модульную иерархическую структуру, позволяющую дальнейшее масштабирование системы по производительности и портовой емкости.

Подсистема связи и передачи данных должна включать в себя активное сетевое оборудование и иметь оборудование для подключения к информационно-телекоммуникационной сети «интернет» и ведомственной информационно-телекоммуникационной сети «интранет». Подключение оборудования к данным сетям путем создания двух и более виртуальных вычислительных сетей на одном физическом устройстве не допускается.

Управление подсистемой организуется выделением портов коммутатора, подключенных к интерфейсам управления серверных вычислительных узлов в отдельную виртуальную локальную вычислительную сеть.

Подсистема связи и передачи данных должна обеспечивать подключение дополнительного оборудования, в том числе сенсорного комплекса, комплекса визуализации, автоматизированных рабочих мест, подсистему видеоконференцсвязи.

Должна быть предусмотрена возможность логического объединения коммутаторов (стекирование), агрегация и организация кластеров маршрутизаторов и межсетевых экранов архитектуры транспортной подсистемы для обеспечения полной работоспособности функциональных подсистем АПК «Безопасный город».

Логическое объединение коммутаторов (стекирование) должно осуществляться с выделением не менее двух портов на каждом коммутаторе, которые должны использоваться для передачи трафика и обмена служебной информацией внутри стека (если коммутаторов на каждый

сегмент сети «интернет» и «интранет» больше 2; если коммутатор на каждый сегмент сети 1, то производятся соответствующие настройки и резервирование портов).

В целях увеличения надежности и расширения полосы пропускания канала связи должно быть обеспечено агрегирование двух и более физических соединений (подключений) в одно логическое если это необходимо.

На коммутаторах подсистемы для предотвращения «петель» на канальном уровне должны применяться соответствующие протоколы и технические решения.

При построении транспортной сети должны использоваться виртуальные локальные сети (VLAN), обеспечивающие разграничение доступа и уменьшение широковещательных доменов.

На сетевом уровне должен использоваться протокол IPv4. Для каждой виртуальной локальной сети (VLAN) необходимо предусмотреть выделение своей IP подсети.

Виртуальные локальные сети организуются как для сегмента «интернет», так и для сегмента «интранет» в соответствии с политикой информационной безопасности МЧС России и провайдера сети «интернет»;

7. Систему защиты информации Испытательного стенда, которая в свою очередь должна обеспечивать:

обеспечение безопасного подключения и передачи данных от территориально распределенных компонентов АПК «Безопасный город» уровня субъекта Российской Федерации, ведомственных и государственных автоматизированных систем;

защиту информации, размещенной на ресурсах испытательного стенда;

мониторинг качества каналов и услуг связи.

Система защиты приложений от несанкционированного доступа должна быть развернута на базе самообучающегося динамического межсетевого экрана, который должен обеспечить снижение риска атак на приложения при их появлении и сочетать методы ведения «черного» и «белого» списков с новейшим подходом к «самообучению».

Межсетевой экран должен анализировать особенности трафика и деятельности пользователей, взаимодействующих с приложениями. Данные, отражающие стандартные действия пользователей, должны использоваться для обнаружения потенциальных атак и отклонений от

поведения типичного пользователя. Механизм нормализации должен позволять обрабатывать HTTP-запросы с учетом специфики защищаемого веб-сервера, что должно обеспечить снижения риска от воздействия таких атак, как HTTP Parameter Contamination (HPC), HTTP Parameter Pollution (HPP), учитывая тип веб-сервера, с которым взаимодействует (симулирует его поведение), должно обеспечиваться эффективная защита от целенаправленных атак.

Межсетевой экран также должен иметь настройки и алгоритмы работы, направленные на защиту от роботов, использующих поведенческий анализ для обнаружения признаков атак, подбора, нехарактерной активности и попыток полного копирования сайта.

В качестве средства криптографической защиты должны быть использованы сертифицированные ПАК, обеспечивающие полное шифрование конфиденциальной информации, передаваемой по каналам связи и обеспечивающие сетевую безопасность между конечным оборудованием сетей, предоставляющие удаленный защищенный доступ к инфраструктуре, соответствующей требованиям по функциональности, удобству пользования, масштабируемости решения, надежности и отказоустойчивости.

Для защиты виртуальной инфраструктуры должно быть применено специальное ПО, имеющее сертификат ФСТЭК России, подтверждающий соответствие требованиям руководящих документов в части защиты от несанкционированного доступа — по 5 классу защищенности (СВТ 5) и контроля отсутствия не декларированных возможностей — по 4 уровню контроля (НДВ 4), а также обеспечивающее его использование в автоматизированных системах до класса защищенности 1Г включительно и для защиты информации в ИСПДн до 1 класса включительно.

Для обнаружения вторжений на внешней границе должна применяться программно-техническая система, с соответствующим сертификатом соответствия ФСТЭК России, для защиты информации, не содержащей сведений, составляющих государственную тайну, реализующая функции системы обнаружения вторжений (далее — СОВ) уровня сети, выполненная в виде отдельно стоящего сетевого устройства, предназначенная для обнаружения вторжений в информационные системы на основе динамического анализа сетевого трафика стека протоколов TCP/IP (для протоколов всех уровней) модели взаимодействия открытых систем, начиная с сетевого и заканчивая прикладным. В режиме мониторинга

СОВ должна обеспечивать анализ трафика без возможности блокировки запросов и предотвращения атак. СОВ должна получать копию трафика с сетевого устройства (коммутатора или устройства распределения нагрузки сети), к которому она подключена через SPAN-порт. Система должна выявлять потенциальные угрозы, на основе проведения анализа трафика и высылать уведомления об обнаруженных атаках.

Средство защиты интернет портала должно производить идентификацию и аутентификацию пользователей, выполнять проверку сертификатов ключей по спискам отозванных сертификатов (CRL), осуществлять криптографическую защиту HTTP-трафика, обеспечивать шифрование информации в соответствии с требованиями, предъявляемым к средствам криптографической защиты информации, указанным в действующих нормативно-технических документах.

В качестве транкового шлюза для сопряжения сигнальных и меди-апотоков TDM и VoIP-сетей должен применяться сигнальный медиашлюз с поддержкой функций ДВО и СОРМ, который в том числе должен обеспечивать построение инфокоммуникационных сетей связи нового поколения и возможность равномерного масштабирования ресурсов связи;

8. Программно-технические комплексы в виде рабочих мест для операторов управления СПО АПК «Безопасный город» и удаленное подключение к нему, в информационных, демонстрационных целях, настройке сопряжения с другими информационными системами, а также обеспечивать подготовку и обучение пользователей. Все рабочие места для операторов должны иметь возможность вывода видеосигнала экрана (части экрана, активного окна) на подсистему визуализации. На рабочих местах для операторов должно быть предустановлено ПО для управления коммутацией видеосигналов по сетке (пресетам) мониторной сборки. Количество рабочих мест операторов — не менее 8.

Также необходимо предусмотреть наличие 2 программно-аппаратных рабочих мест, предназначенных для удаленного контроля за подсистемами Испытательного стенда. Расположение данных рабочих мест — в месте расположения Заказывающего подразделения.

Система отображения рабочих мест должна иметь возможность бесшовного отображения двух рабочих экранов сопутствующих систем на одном экране.

Должно быть предусмотрено многофункциональное устройство для печати и сканирования документов. Устройство должно подключаться

к сети и иметь возможность вывода на печать с любого рабочего места оператора;

9. Систему коллективного отображения информации, которая должна осуществлять:

демонстрацию процессов управления онтологической моделью АПК «Безопасный город» при взаимодействии с территориально распределенными компонентами комплексов «Безопасный город» уровня субъекта Российской Федерации, ведомственными и государственными автоматизированными системами;

моделирование кризисных ситуаций и происшествий, ассоциированных с приоритетными угрозами (применительно к пилотным субъектам РФ) (по ограниченному набору расчетных и аналитических моделей);

моделирование сценариев реагирования ЕДДС (по ограниченному набору сценариев);

демонстрацию функционирования сервисной шины обмена данными интеграционной шины и адаптеров сопряжения с внешними автоматизированными системами — источниками и потребителями информации об угрозах общественной безопасности, правопорядку и безопасности среды жизнедеятельности.

Испытательный стенд должен иметь сегмент, функциональные возможности которого должны позволять использовать его в демонстрационном режиме для органов государственной власти всех уровней и организаций (демонстрационный сегмент).

Демонстрационный сегмент должен содержать базу данных и материалы для демонстрации требований к АПК «Безопасный город» и его возможностей, в том числе упрощенные версии систем и подсистем АПК «Безопасный город». В состав сегмента должны быть включены аудиовизуальные компоненты коллективного отображения информации и средства связи.

Комплекс визуализации должен включать интерактивные экраны которые должны иметь мобильное исполнение, быть разборными и упаковываться в транспортировочные контейнеры для проведения выездных мероприятий (научных конференций, симпозиумов, международных салонов, тематических выставок).

Основу комплекса визуализации должен составлять модульный видеопроцессор, который должен обеспечивать вывод видеопотоков на мониторную сборку (далее — видеостена) контент нестандартного

разрешения контент с различных источников, в том числе АРМ, осуществлять управление видеопотоками от разных источников, позволять создавать гибкие сценарии маршрутизации. Модульный видеопроцессор должен обладать функцией автоматического распознавания сигнала и разрешения на входах, обнаружение устройств в общей сети. Операции управления видеопотоками должны проводиться интерактивно. Модульный видеопроцессор должен поддерживать функции вращения (переворота) изображения и настройки компенсации окантовки видеостены. Для трансляции контента должны применяться совместимые передатчики сигналов. Испытательный стенд должен поддерживать передачу ауди и видео сигнала в максимально возможном формате высокого разрешения.

Центральная система отображения должна максимально детально отображать функциональные схемы, а также иметь возможность отображения 8 независимых экранов с разной яркостью и разрешением. Швы между экранами должны иметь ширину не более 3 мм для минимизации возможных искажений при отображении контента в высоком разрешении 4К.

Система отображения штаба управления должна иметь возможность выполнять роль прозрачной перегородки с выводом на нее необходимой дополнительной информации.

Подсистема управления комплексом визуализации предназначена для обеспечения контроля и управления всеми требуемыми функциями.

В целях качественного использования видеостены и АРМ при условиях яркого солнечного света, во избежание засветки мониторов и снижения уровня отображаемой информации, должна быть предусмотрена подсистема управление защитными экранами (шторами) с выводом на настенные пульта управления.

Консоль управления комплексом визуализации также должна иметь возможность управления подсистемами видеоконференцсвязи и аудио-комплексом.

В целях оптимизации и повышения эргономичности управления эксплуатации системы консоль управления должна быть продублирована с помощью сенсорной панели с возможностью автономной работы (работа от встроенного аккумулятора) не менее 10 часов.

Алгоритмы управления комплексом визуализации, (пресеты, расположение программных триггеров и пр.) определяется на этапе технического проектирования.

Исполнитель разрабатывает и предоставляет Заказчику документацию по сборке, коммутации и настройке оборудования комплекса визуализации, а также программный код консоли управления;

10. Систему, которая предназначена для обеспечения удаленной методической поддержки участников построения АПК «Безопасный город», организации взаимодействия с пилотными регионами при проведении опытной эксплуатации и испытаний, а также проведения видеоконференций, совещаний, мероприятий формата телемост и удаленной подготовки. Система также должна включать комплект камер с подключением по SDI: камера для обеспечения возможности трансляции с центрального пульта операторов основной зоны, камера для обеспечения возможности трансляции с центрального пульта операторов дополнительной зоны, камера для трансляции видео из зон сенсорного комплекса.

11. Сенсорный комплекс, предназначенный для наглядной демонстрации функциональных возможностей АПК «Безопасный город» в рамках площадки Испытательного стенда. Сенсорный комплекс должен включать в себя комплекс технических средств сбора, обработки и передачи данных в цифровом формате от различных сенсоров (датчиков) в СПО АПК «Безопасный город» и получения видеопотока от оконечных устройств (видеокамер) в том числе интеллектуальных (с функциями распознаванием лиц и идентификации транспортных средств).

Внешнее оформление и технические решения при создании сенсорного комплекса согласовываются с Заказывающим подразделением на этапе технического проектирования.

12. Инженерная инфраструктура предназначена для создания оптимальных и безопасных условий функционирования технических средств Испытательного стенда.

В состав инженерной инфраструктуры должны входить:

система бесперебойного питания для компонентов Испытательного стенда, а именно: телекоммуникационные шкафы с активным оборудованием (серверные вычислительные узлы, СХД, система связи и передачи данных), 8 АРМ операторов, дежурное освещение и основной экран (видеостена и необходимое для ее функционирования дополнительное оборудование) подсистемы визуализации;

комплекс поддержания заданного микроклимата телекоммуникационных шкафов с оборудованием испытательного стенда.

13. Подсистема, которая должна обеспечивать заданное время автономной работы, нагрузочные показатели всех критических компонентов электропитанием с заданными параметрами, защищать оборудование испытательного стенда от нерасчетных показателей электрического тока (импульсы, помехи), а также соответствовать ПУЭ. Время автономной работы указанных компонентов — не менее 12 минут.

Для обеспечения бесперебойного электропитания должны использоваться модульные источники бесперебойного питания (ИБП) в стойечном (монтаж в стандартную телекоммуникационную стойку 19”) исполнении, которые обеспечивают расширенную защиту электропитания, повышенную эффективность и упрощенное управление электропитанием для обеспечения высокой доступности серверных сред.

Электрические розетки, которые подключены к подсистеме бесперебойного питания должны быть выполнены по европейскому стандарту schuko и быть совместимыми с подключаемым оборудованием. Для оборудования, размещенного в телекоммуникационных стойках, допускается подключение через блоки электрических розеток либо посредством прямого включения оборудования через кабели питания серверного типа.

14. Комплекс поддержания заданного микроклимата телекоммуникационных шкафов с оборудованием испытательного стенда который предназначен для обеспечения оптимальных условий согласно ГОСТ Р 58242–2018 и должен включать не менее 2-х охлаждающих установок с возможностью круглогодичной работы (в том числе в зимний период) в режиме 24/7 с балансировочной нагрузкой (попеременная работа каждой установки в период не менее 6 часов подряд) и автоматическим переключением.

Состав оборудования комплекса поддержания заданного микроклимата телекоммуникационных шкафов с оборудованием испытательного стенда

15. Комплект ЗИП, который предназначен для повышения готовности Испытательного стенда к выполнению задач по назначению при выходе из строя отдельных узлов и компонентов.

Состав комплекта ЗИП определяется на этапе технического проектирования на принципах необходимой достаточности, экономичности и целесообразности. Перечень комплекта ЗИП определяется по обоюдному

согласию Исполнителя Заказывающего подразделения и оформляется соответствующей ведомостью.

4.7.19. Максимальная (пиковая) загрузка аппаратной платформы программными средствами не должна превышать 80% от номинальных вычислительных ресурсов системы, а технические характеристики оборудования определяются с запасом 15% от максимальной (пиковой) производительности системы, с расчетом масштабируемости программных компонентов при неизменной аппаратной части, а также они должны быть не ниже параметров, которые указаны в общих технических требованиях данного технического задания.

4.7.20. Испытательный стенд разворачивается на площадке, предоставляемой Заказывающим подразделением по адресу: г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7.

Испытательный стенд передается на бухгалтерский учет Исполнителем Заказчику установленным порядком как единое изделие в составе одной единицы учета с оформлением формуляра, в котором указываются общие сведения, основные характеристики, комплектность и другие сведения в соответствии с нормативно-техническими документами.

В соответствии с этапностью выполнения НИОКР, по результатам расширения функциональных возможностей Испытательного стенда, в формуляр и документы бухгалтерского учета могут вноситься соответствующие изменения.

4.7.21. Все расходы, связанные с транспортировкой, монтажом, обслуживанием и обеспечением функционирования Испытательного стенда, включая расходы на обеспечение каналов связи, сетевой и инженерной инфраструктуры, электроэнергии, и иные сопутствующие расходы, на этапе подготовки к развертыванию стенда, в процессе его монтажа, и иных работ и на период действия государственного контракта осуществляются за счет Исполнителя без изменения цены, установленной государственным контрактом.

4.7.22. Технические средства, входящие в состав Испытательного стенда должны быть новыми (в том числе не являться выставочными образцами), не должны быть сняты с производства, ранее не использованными, не иметь механических повреждений, а также быть безопасными при использовании по назначению, не выделять вредных веществ, а их технические характеристики должны соответствовать (быть не ниже) общих технических требований, представленных в данном техническом

задании. Электрическая безопасность оборудования должна соответствовать действующим на территории Российской Федерации нормам. Оборудование должно быть свободным от прав на него третьих лиц и других обременений.

4.7.23. Программное обеспечение, входящее в состав компонентов Испытательного стенда (операционная система и пакет офисных программ), должно комплектоваться лицензионными ключами на продукцию и оригинальными установочными дисками (или иными электронными носителями, если таковые предусмотрены вариантами поставки) от разработчика. Программное обеспечение должно быть установлено на твердотельные диски (SSD), если техническое средство предусматривает требования к наличию диска такого типа.

4.8. Нормативное правовое, организационно-методическое и нормативно-техническое обеспечение мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город»

4.8.1. Разработка онтологической модели АПК «Безопасный город» и ее применение на практике при построении и развитии АПК «Безопасный город» требует нормативного правового и организационного сопровождения, которое бы сформировало базу в виде правил, стандартов, регламентов, методов и нормативных актов, обеспечивающих предусмотренный онтологической моделью межведомственный и межуровневый информационный обмен.

4.8.2. В рамках НИОКР нормативное правовое и организационно-методическое обеспечение предполагает:

разработку научно-обоснованных предложений по изменению действующих нормативно-правовых актов (далее — НПА), в том числе по вопросам полномочий и прав участников взаимодействия в рамках АПК «Безопасный город»;

разработку предложений по требуемым для практического применения результатов НИОКР нормативно-техническим документам;

разработку предложений по сопроводительным документам организационного, организационно-распорядительного и организационно-методического характера в поддержку результатов НИОКР;

разработку предложений по иным документам технического, технико-экономического и экономического характера.

4.8.3. Разработка научно-обоснованных предложений по внесению изменений в НПА должна осуществляться в соответствии с правилами

и требованиями к подготовке соответствующих актов, содержащимися в положениях постановления Правительства Российской Федерации от 1 июня 2004 г. № 260 «О Регламенте Правительства Российской Федерации и Положении об Аппарате Правительства Российской Федерации».

Исполнитель должен обеспечить научно-методическое сопровождение (обобщение, анализ, учет замечаний и предложений, доработку представленных результатов) процедур согласования и рассмотрения проектов нормативных правовых актов, которые будут подготовлены Заказывающим подразделением в развитие (по итогам) разработанных в ходе НИОКР научно-обоснованных предложений по совершенствованию нормативной правовой базы.

4.8.4. В рамках обеспечения организационно-методической поддержки выполняются обследования территорий, в том числе удаленные (в репрезентативных регионах) по направлениям:

анализ функциональных схем взаимодействия муниципального и регионального уровней по вопросам в области общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

анализ организационных схем взаимодействия муниципального и регионального уровней по вопросам в области общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности;

анализ ИКТ-инфраструктуры муниципального и регионального уровней по вопросам в области общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности.

По результатам обследований должен быть представлен отчет о проведенном обследовании с подробными выводами и предложениями по возможностям формирования на базе существующих организационных и технологических схем регионов информационной модели АПК «Безопасный город».

4.8.5. В рамках проработки документов технического, технико-экономического и экономического характера, должны быть выработаны научно-обоснованные предложения по системе национальных стандартов (ГОСТ) АПК «Безопасный город».

4.8.6. На основе разработанных прогнозных и аналитических моделей Исполнителем в рамках нормативно-технического обеспечения мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город» осуществляется разработка проектов новых или актуализация действующих национальных стандартов (ГОСТ) в предметной области.

Перечень разрабатываемых проектов новых и актуализируемых национальных стандартов (ГОСТ), включая описания объектов стандартизации и сведения о правилах их применения, должен быть согласован с Заказывающим подразделением.

Разработка проектов новых и актуализация действующих национальных стандартов (ГОСТ) осуществляется в соответствии с установленными в основополагающих национальных стандартах Российской Федерации и правилах стандартизации общими требованиями к построению, изложению и оформлению документов по стандартизации.

Исполнитель проводит процедуры сбора, обобщения замечаний и предложений в проекты новых и актуализированных национальных стандартов (ГОСТ); по результатам проведения их открытого обсуждения, осуществляет корректировку положений проектов документов и разрабатывает необходимую документацию для представления в технический комитет по стандартизации на утверждение в соответствии с ГОСТ 1.2-2016 «Правила разработки, утверждения, обновления, внесения поправок, приостановки действия и отмены».

4.8.7. На основе разработанных типовых сценариев реагирования в рамках нормативно-технического обеспечения мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город» осуществляется разработка проектов новых или актуализация действующих национальных стандартов (ГОСТ), определяющих требования к типовым сценариям реагирования на угрозы при координации работы служб и ведомств и их взаимодействия, а также требования к методам модификации типовых сценариев реагирования.

Перечень разрабатываемых проектов новых и актуализируемых национальных стандартов (ГОСТ), включая описания объектов стандартизации и сведения о правилах их применения, должен быть согласован с Заказывающим подразделением.

4.8.8. В результате НИОКР должен быть разработан общедоступный специализированный интернет-портал, обеспечивающий систематизацию знаний и информационных ресурсов предметной области АПК «Безопасный город». Через данный интернет-портал для заинтересованных пользователей должен быть обеспечен доступ к web-сервисам по соответствующим результатам НИОКР, указанным в настоящем техническом задании.

4.8.9. Для развития базы прикладных исследований и инновационной деятельности, творческих связей с академическими, отраслевыми институтами и предприятиями, обеспечения осознанной и глубокой проработки результатов НИОКР, систематизации и расширения знаний в заданной предметной области знаний АПК «Безопасный город» Исполнителем в соответствии с этапами НИОКР должны быть организованы и проведены:

На первом этапе НИОКР — научная дискуссия по перспективам построения и развития АПК «Безопасный город»;

На втором и четвертом этапах НИОКР — международная научно-практическая конференция по вопросам построения и развития АПК «Безопасный город».

По согласованию с Заказывающим подразделением, указанные мероприятия могут быть проведены как самостоятельно, так и в рамках запланированных МЧС России коммуникативных мероприятий научного и общественного характера.

Время и место проведения мероприятий согласовывается с Заказывающим подразделением:

На первом этапе НИОКР — не менее чем за 5 дней до даты проведения мероприятия;

На втором и четвертом этапе НИОКР — не менее чем за 45 дней до даты проведения мероприятий.

В целях достижения данного результата Исполнитель должен обеспечить:

подготовку и рассылку писем-приглашений в федеральные органы исполнительной власти, территориальные органы МЧС России, научные, образовательные и другие заинтересованные организации, в том числе международные;

информирование докладчиков и выступающих о требованиях к техническим характеристикам презентаций, видеофильмов и др. сопутствующих мультимедийных материалов;

техническое сопровождение докладов и выступлений, обслуживание и отслеживание бесперебойной работы всего используемого во время проведения мероприятий оборудования, включая настройку и тестирование комплекса аудиовизуальных систем;

администрирование мероприятий и консультативную работу с участниками мероприятий (оповещение, приглашение на конференцию,

составление списков участников, консультирование по программе мероприятия, по организационным вопросам и др.);

подготовку предложений, согласование с Заказывающим подразделением и раздачу участникам мероприятий комплектов участника исходя из их планируемого количества.

По итогам мероприятий Исполнитель должен подготовить итоговый документ (форм-фактор и содержание согласовывается с Заказывающим подразделением), содержащий основные положения обсуждаемых вопросов, выводы и рекомендации участников мероприятий.

4.9. Требования к проведению поэтапной опытной эксплуатации

В рамках проведения опытной эксплуатации осуществляется:

апробация прогнозных и аналитических моделей, выполненных в компьютерной среде, применительно к данным пилотных регионов;

апробация сценариев реагирования, выполненных в компьютерной среде, применительно к разработанным в рамках НИОКР прогнозным и аналитическим моделям, выполненным применительно к данным пилотных регионов;

доработка и тестирование адаптеров (конвертеров) для существующих и перспективных информационных систем разных уровней на основе единого стека открытых протоколов (при необходимости);

отработка межсистемного взаимодействия с эмуляцией подключения к внешним информационным системам.

По результатам проведения поэтапной опытной эксплуатации на объектах пилотной зоны должна быть осуществлена доработка (при необходимости) вышеперечисленных результатов НИОКР, оформлены отчетные материалы и соответствующий акт проведения опытной эксплуатации.

Перед проведением поэтапной опытной эксплуатации должны быть разработаны программы и методики проведения опытной эксплуатации, в которых определяются порядок и объемы проведения проверочных мероприятий в пилотных субъектах Российской Федерации.

Программы и методики испытаний должны быть согласованы с Заказывающим подразделением и содержать следующие разделы:

условия и сроки проведения опытной эксплуатации;

состав проверяемых функций, подлежащих проверке;

перечень составляющих технического, программного, информационного и организационного обеспечений, подлежащих проверке;

порядок действий при проверке отдельных составляющих специального программного обеспечения и его основных функций;
порядок регистрации результатов и выявленных недостатков;
порядок устранения недостатков и внесения необходимых изменений в СПО и техническую и рабочую документацию (далее — ТРД);
указания о формах представления результатов проверки.

Состав ТРД на разрабатываемое СПО определяется Исполнителем в рамках технического проектирования основных результатов НИОКР, в соответствии с требованиями ГОСТ 34.201–89.

Исполнитель по результатам проведения опытной эксплуатации формирует План-график мероприятий по корректировке ТРД и доработке СПО, который подлежит утверждению Заказывающим подразделением.

Исполнитель, с учетом выявленных замечаний, осуществляет доработку разработанного СПО и корректировку ТРД в установленные План-графиком сроки.

Исполнитель по результатам корректировки ТРД и доработки СПО составляет и направляет Заказывающему подразделению:

уведомление о готовности СПО и ТРД для предъявления приемочной комиссии МЧС России на проверку и утверждение;
проекты актов о завершении корректировки ТРД и доработки СПО по результатам проведения опытной эксплуатации.

5. СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

В рамках внедрения результатов НИОКР должна быть осуществлена передача единых стандартов и программных решений субъектам Российской Федерации для их использования при построении и развитии АПК «Безопасный город» на региональном и муниципальном уровне (срок — 2 квартал 2023 г., отв. ДОН).

Для передачи результатов НИОКР субъектам Российской Федерации в адрес органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации установленным порядком должно быть направлено соответствующее уведомление, содержащее информацию о возможности использования результатов НИОКР путем предоставления к ним доступа посредством использования соответствующего интернет-портала.

6. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТ

6.1. По окончании НИОКР (этапа НИОКР) Исполнитель представляет Заказывающему подразделению научно-техническую продукцию, оформленную в соответствии с требованиями настоящего Технического задания.

Для этапов или результатов НИОКР, имеющих характер научных исследований (НИР) — документация оформляется согласно правилам оформления отчетов о НИР.

Для этапов или результатов НИОКР, имеющих характер опытно-конструкторских разработок (ОКР) или отдельных компонент автоматизированных систем документация оформляется согласно применяемым в данных областях стандартам.

6.2. Вся отчетная документация должна представляться Заказывающему подразделению в 2-х экземплярах в сброшюрованном виде на бумажном носителе и на CD (DVD) дисках:

экземпляр № 1 — Заказывающее подразделение;

экземпляр № 2 — НТБ МЧС России (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)).

Электронная версия отчетной документации должна передаваться в двух версиях, не защищенных паролями. Первая версия — рабочие файлы в форматах MS Office (Word, Excel и др. форматах), вторая версия — в формате PDF. Результаты, выполненные на языках программирования или языках онтологий передается в соответствующих форматах.

В отчетной документации должен быть представлен комплект презентационных материалов о выполненной работе (этапа работы), состоящий из текстовой и графической частей.

Текстовая часть презентационных материалов должна включать:
название работы;

номер государственного контракта (с указанием ИКЗ);

пункт плана план научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов (указан в разделе 1 Технического задания);

сроки выполнения; стоимость этапа работ (в соответствии с государственным контрактом);

полное и сокращенное наименования исполнителя, его реквизиты (юридический и фактический адрес), адрес интернет-сайта, наименование

почтового ящика электронной почты, контактные телефоны и уполномоченные должностные лица;

задачи, решаемые в текущем году;

конкретные результаты, полученные на текущем этапе;

отличия полученных результатов от существующих аналогов (при их наличии), их научно-практическая значимость и применимость.

Графическая часть должна наглядно иллюстрировать полученные результаты, их значимость и эффективность.

Форма представления графических материалов и их количество определяется, исходя из специфики полученных результатов. В качестве графических (иллюстрационных) материалов рекомендуется использовать графики, диаграммы, схемы, рисунки, чертежи, фотоматериалы.

Графические (иллюстрационные) материалы представляются в электронном виде в формате JPEG (TIFF) в цветном (RGB, 24 bit) или черно-белом (Grayscale, 8 bit) исполнении с разрешением не менее 300 dpi. Анимационные и видеоматериалы представляются в формате MPEG4. Пояснительные данные к иллюстративным материалам указываются в их наименовании.

Все отчетные и презентационные материалы передаются Заказывающему подразделению с сопроводительными документами Исполнителя.

6.3. Требования к оформлению результатов интеллектуальной деятельности.

Полученные в рамках НИОКР результаты интеллектуальной деятельности в соответствии со ст. 1225 ГК РФ (программы для ЭВМ, базы данных, полезные модели, изобретения и пр.) должны быть оформлены для регистрации в Федеральном институте промышленной собственности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Исключительное право на использование (владение, пользование и распоряжение) результатов интеллектуальной деятельности (РИД) принадлежит Российской Федерации, от имени которой выступает Заказчик и Заказывающее подразделение.

6.4. Объектами РИД являются все отдельные научно-технические результаты, способные к правовой охране, полученные в процессе выполнения НИОКР.

Исполнитель обязан направить в письменной форме в адрес Заказывающего подразделения:

уведомления о необходимости использования исключительных прав третьих лиц на результаты интеллектуальной деятельности;

уведомления о получении результата интеллектуальной деятельности, способного к правовой охране, с обоснованием предлагаемого порядка его использования и предложение по его правовой охране (направляется по завершении каждого этапа НИОКР).

Исполнитель согласовывает с Заказывающим подразделением порядок и условия использования результатов интеллектуальной деятельности (РИД), исключительные права на которые принадлежат Исполнителю или третьим лицам.

В ходе выполнения НИОКР, в соответствии с ТЗ, Исполнитель уведомляет Заказывающее подразделение о каждом полученном охраноспособном РИД с предложениями по порядку его использования и форме правовой охраны.

Исполнитель представляет Заказывающему подразделению сведения по обеспечению государственного учета созданных РИД (с актуализацией учетных данных в случае необходимости).

Исполнитель передает Заказывающему подразделению результаты, не нарушающие права третьих лиц.

6.6. Исполнитель обеспечивает проведение патентных исследований в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.011–96 «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения», уплату пошлин, регистрационных и иных сборов, связанных с подготовкой оформлением и подачей заявок на получение охранных документов на РИД, а также поддержанием в силе охранных документов на РИД в течение 25 лет.

7. ТРЕБОВАНИЯ К ГАРАНТИЙНЫМ И ИНЫМ ОБЯЗАТЕЛЬСТВАМ

Срок предоставления гарантии качества работ составляет 2 (два) года.

Под предоставлением гарантии качества работ понимается готовность Исполнителя в случае обнаружения в результатах работы недостатка или частичного несоответствия результатов работы требованиям технического задания на НИОКР устранить их (привести в соответствие), а также обеспечить консультационное сопровождение.

Исполнитель обязуется удовлетворить требования Заказывающего подразделения в срок не позднее одного месяца после получения официального запроса от Заказывающего подразделения.

8. ПОРЯДОК РАССМОТРЕНИЯ И ПРИЕМКИ РАБОТЫ

Все отчетные материалы, представляемые Заказывающему подразделению, рассматриваются и принимаются в соответствии с требованиями ГОСТ, Положения об организации научно-технической деятельности в МЧС России, утвержденного приказом МЧС России от 12.12.2017 № 570, и настоящего Технического задания.

Порядок постановки на учет (в том числе бюджетный или бухгалтерский) должен проводиться в соответствии с существующими требованиями и положениями по процедуре учета проведенных работ в МЧС России.

9. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

9.1. В результате выполнения НИОКР должны быть разработаны инструменты и программно-технические решения, обеспечивающие повышение уровня межведомственного и межуровневого взаимодействия, обеспечения сквозной передачи и обработки информации в едином информационном пространстве, которые позволят осуществлять построение и развитие

АПК «Безопасный город» на региональном и муниципальном уровне на основе единых технических решений и стандартов.

9.2. Технический эффект применения результатов НИОКР будет достигнут за счет применения в масштабах Российской Федерации единых онтологических подходов, системы нормативно-справочной информации прогнозно-аналитических моделей, сценариев и стандартов АПК «Безопасный город», что обеспечит создание единого информационного пространства в максимально короткие сроки.

9.3. Экономический эффект достигается за счет исключения разработки и гармонизации требований к правилам и стандартам информационного обмена в рамках создаваемых на территориях муниципальных образований и субъектов Российской Федерации элементов систем обеспечения безопасности и комфорта граждан, ускорения процессов

качественной модернизации информационного, программного, технического и организационного обеспечения мероприятий в сфере общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды жизнедеятельности, одновременно обеспечивая оптимизацию и эффективное распределение бюджетов всех уровней в соответствие с выработанной единой технической политикой.

10. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЖИМУ СЕКРЕТНОСТИ

10.1. Создаваемая научно-техническая продукция не предполагает работу с секретными сведениями.

10.2. В целях безусловного выполнения пункта 10.1 Технического задания

при выполнении НИОКР Исполнитель должен, в том числе, руководствоваться нормативными правовыми актами и руководящими документами в области защиты государственной тайны и обеспечения защиты информации.

10.3. Использование материалов и выходной продукции другими организациями, публикации результатов НИОКР, научных и обзорных статей возможны только с письменного разрешения Заказывающего подразделения.

11. ПОРЯДОК КОРРЕКТИРОВКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

В процессе выполнения работы настоящее техническое задание может уточняться и корректироваться по взаимосогласованному решению Заказчика и Исполнителя если это не противоречит законодательству в порядке, установленном соответствующими государственными стандартами.

Приложение 2

ИЛЛЮСТРАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Монография «Прогнозно-аналитические решения по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка «Безопасный город»»

Авторы:

**В.А. Акимов, А.В. Мишурный, О.В. Якимюк, А.В. Бобрешова,
Е.О. Иванова, С.В. Колеганов, И.В. Курличенко, С.В. Пигина,
Д.В. Степаненко, И.Ю. Щедров**

Структура монографии:

Введение

Глава 1. Типовая прогнозная и аналитическая модель с использованием метода Байеса

Глава 2. Модель для прогнозирования лесных пожаров

Глава 3. Модель для прогнозирования последствий землетрясений

Глава 4. Модель для прогнозирования наводнений вследствие паводков

Глава 5. Модель для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

Глава 6. Модель для прогнозирования последствий отключения электроснабжения

Глава 7. Модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Глава 8. Модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

Глава 9. Модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

Глава 10. Модель для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

Заключение

Введение

В рамках НИОКР «Разработка единых стандартов, функциональных, технических требований и прогнозно-аналитических решений аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» с требуемым нормативно-правовым и методическим обеспечением» в 2020-2022 годах разработаны:

- онтологическая модель данных АПК «Безопасный город»;
- прогнозные и аналитические модели (ПАМ) по основным видам угроз;
- сценарии реагирования единых дежурно-диспетчерских служб на кризисные ситуации и происшествия;
- стандарты межуровневого и межведомственного взаимодействия, а также единый стек открытых протоколов;
- конвертеры (адаптеры) для существующих и перспективных информационных систем разных уровней;
- испытательный стенд для апробации и отладки программно-технических решений;
- предложения по нормативному правовому, организационно-методическому и нормативно-техническому сопровождению мероприятий по построению и развитию АПК «Безопасный город».

Глава 1. Типовая прогнозная и аналитическая модель с использованием метода Байеса

1.1. Метод Байеса и байесовские сети

1.2. Формализованное описание решаемой задачи

1.3. Генерация топологии байесовской сети

1.4. Определение априорных условных и маргинальных вероятностных распределений

1.1. Метод Байеса и байесовские сети

Метод Байеса — статистический метод, использующий теорему Байеса для вычисления и обновления вероятностей после получения новых данных.

Формула Байеса позволяет «переставить причину и следствие»: по известному факту события вычислить вероятность того, что оно было вызвано данной причиной. При этом необходимо понимать, что для применения теоремы причинно-следственная связь между A и B не является обязательной. События, отражающие действие «причин», в данном случае называют гипотезами, так как они — предполагаемые события, повлекшие данное. Безусловную вероятность справедливости гипотезы называют априорной (насколько вероятна причина вообще), а условную — с учетом факта произошедшего события — апостериорной (насколько вероятной оказалась причина с учетом данных о событии).

1.2. Формализованное описание решаемой задачи

Пусть X — множество описаний объектов, Y — конечное множество имен классов. Предполагается, что множество пар «объект, класс» $X \times Y$ является вероятностным пространством с плотностью распределения $p(x, y) = P(y)p(x|y)$.

Имеется конечная обучающая выборка независимых наблюдений $X^m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$, полученных согласно плотности распределения $p(x, y)$.

Требуется построить алгоритм классификации $\alpha: X \rightarrow Y$, который способен отнести произвольный объект $x \in X$ к классу $y \in Y$.

Задача классификации сводится к следующим подзадачам:

1. Восстановление плотностей классов по обучающей выборке.
2. Построение оптимального классификатора при известных плотностях классов.

1.3. Генерация топологии байесовской сети

В основе вероятностного вывода байесовской сети лежит теорема Байеса, в соответствии с которой степень доверия, которую мы можем присвоить гипотезе H при наступлении свидетельства e , может быть рассчитана путем умножения предыдущей степени доверия $P(H)$ к гипотезе H на правдоподобие $P(e|H)$, означающее наступление свидетельства e при условии, что гипотеза H истинна:

$$P(H|e) = P(e|H)P(H)/P(e),$$

где:

H — гипотеза;

e — свидетельство;

$P(H|e)$ — апостериорная вероятность;

$P(H)$ — априорная вероятность.

1.4. Определение априорных условных и маргинальных вероятностных распределений

Для каждой переменной V , не имеющей родителей в графе G , определяется вероятностное распределение над множеством ее значений (таблица безусловных вероятностей) на основе статистической информации об этой переменной (например, вероятностное распределение уже известно либо имеется информация о частотах выпадения тех или иных значений переменной V), а при отсутствии такой информации — на основе мнения эксперта (задаются субъективные вероятности — степени доверия).

Для каждой переменной V , которая имеет родителей в графе G , определяется таблица условных вероятностей над множеством ее значений на основе статистической информации об этой переменной, а при отсутствии такой информации — на основе мнения эксперта.

Глава 2. Модель для прогнозирования лесных пожаров

2.1. Общие математические модели прогнозирования лесных пожаров

2.2. Входные данные модели для прогнозирования лесных пожаров

2.3. Прогнозирование лесных пожаров

2.4. Выходные данные модели для прогнозирования лесных пожаров

2.1. Общие математические модели прогнозирования лесных пожаров

Общая классификация математических моделей прогнозирования лесных пожаров:

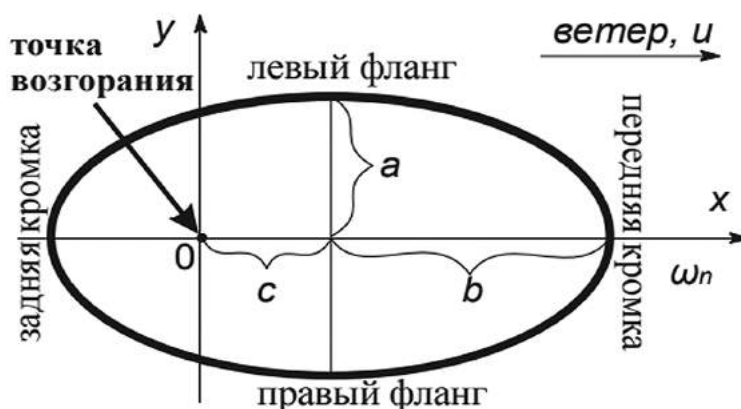
- модели прогноза динамики распространения лесного пожара;
- модели прогноза геометрических параметров лесного пожара;
- модели прогноза характеристик течения, тепло - и массопереноса во фронте и зоне пожара;
- общие математические модели, в рамках которых могут быть спрогнозированы различные характеристики во фронте и в зоне лесного пожара.

2.2. Входные данные модели для прогнозирования лесных пожаров

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ЛП в отношении НТ являются следующие группы параметров:

- характеристики ЛП;
- параметры метеорологической обстановки;
- параметры пожарной опасности по условиям погоды;
- характеристики лесных участков;
- характеристики ландшафта территории.

2.3. Прогнозирование лесных пожаров



2.4. Выходные данные модели для прогнозирования лесных пожаров

Выходными данными ПАМ-ЛП при краткосрочном прогнозировании являются:

- а) прогнозируемая скорость распространения фронта верхового (низового) лесного пожара;
- б) прогнозируемая площадь низового лесного пожара;
- в) уровни угрозы перехода верхового (низового) лесного пожара на населенный пункт.

Выходными данными ПАМ-ЛП при среднесрочном прогнозировании являются:

- а) результаты вероятностной оценки возможности возникновения верхового лесного пожара;
- б) результаты вероятностной оценки возможности возникновения низового лесного пожара.

Глава 3. Модель для прогнозирования последствий землетрясений

3.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий землетрясений

3.2. Прогнозирование последствий землетрясений

3.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий землетрясений

3.1. Входные данные модели для прогнозирования землетрясений

Основными исходными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ЗМ служат следующие группы параметров:

- характеристики землетрясений;
- характеристики повреждений зданий и сооружений при землетрясениях;
- характеристики зданий и сооружений;
- характеристики территорий;
- параметры метеорологической обстановки.

3.2. Прогнозирование землетрясений

В ПАМ-3М вероятностной оценке с использованием байесовского классификатора подлежат следующие гипотезы:

Номер гипотезы	Содержание гипотезы
1.	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 0 степень повреждения
2.	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 1 степень повреждения
3.	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 2 степень повреждения
4.	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 3 степень повреждения
5.	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 4 степень повреждения
6.	В результате землетрясения здание (сооружение) получило (получит) 5 степень повреждения

3.3. Выходные данные модели для прогнозирования землетрясений

Выходными данными ПАМ-3 являются:

- а) реализуемые с применением байесовского классификатора: степень повреждения здания или сооружения (для каждого здания и сооружения на контролируемой территории);
- б) реализуемые с использованием аналитической обработки результатов вероятностной оценки: общее количество зданий и сооружений с заданной степенью повреждений; общее количество людей в зданиях и сооружениях с заданной степенью повреждений;
- в) исходные данные, используемые на каждом шаге прогнозирования.

Глава 4. Модель для прогнозирования наводнений вследствие паводков

4.1. Входные данные модели для прогнозирования наводнений вследствие паводков

4.2. Определение расчетных гидроморфологических параметров, характеризующих участки рек

4.3. Выходные данные модели для прогнозирования наводнений вследствие паводков

4.1. Входные данные модели для прогнозирования наводнений

Основные исходные данные для формирования базового обучающего множества ПАМ-НВ:

- данные о наводнениях вследствие паводков, обусловленных обильными осадками на НТ;
- данные, характеризующие участки рек с участками их водосборов;
- данные, характеризующие водосборы наблюдаемых участков рек;
- данные, характеризующие водохозяйственные системы;
- данные, характеризующие контролируемые НП, расположенные в зонах вероятного затопления местности;
- данные, характеризующие гидрологическую обстановку на участках рек;
- данные, характеризующие метеорологическую обстановку на наблюдаемых участках местности;
- данные, характеризующие преобладающий ландшафт местности, типы и состав почв в пределах границ НП и участков водосборов рек-пунктов.

4.2. Определение расчетных гидроморфологических параметров, характеризующих участки рек

При определении расчетных гидроморфологических характеристик рек-пунктов применяются следующие приемы расчетов:

- при наличии данных гидрометрических наблюдений — непосредственно по этим данным;
- при недостаточности данных гидрометрических наблюдений — путем приведения их к многолетнему периоду по данным рек-аналогов с более длительными рядами наблюдений;
- при отсутствии данных гидрометрических наблюдений и невозможности сопоставления с приведенными реками-аналогами — по расчетным формулам с применением карт, основанных на совокупности данных наблюдений всей сети ПМГО соответствующего района или более обширной территории.

Выбор рек-аналогов для расчета гидроморфологических параметров, характеризующих водную систему

Выбор рек-аналогов для расчета гидроморфологических параметров, характеризующих водную систему, следует проводить с соблюдением условий:

$$L/A^{0,56} \approx L_a/A_a^{0,56},$$
$$JA^{0,5} \approx J_a A_a^{0,5},$$

где:

L и L_a — длина наблюдаемой реки-пункта и реки-аналога соответственно, км;

J и J_a — уклон водной поверхности наблюдаемой реки-пункта и реки-аналога, %;

A и A_a — площади водосборов исследуемой реки-пункта и реки-аналога соответственно, км².

Порядок определения зон затопления территорий

1. Выбор двух ПМГО, обеспечивающих мониторинг гидрологической обстановки на территории контролируемого НП.
2. Выбор НТ (КТ), расположенной вдоль участка реки-пункта, в зоне возможного затопления местности.
3. Разбиение НТ (КТ) на равные по длине отрезки вдоль течения реки-лога.
4. Определение исходных гидрологических параметров для первого лога участка НТ (КТ).
5. Проведение поэтапного расчета гидрологических характеристик, выходных параметров расчёта для каждого i -ого лога анализируемого участка местности.
6. Формирование выходных данных – результатов расчетов и их визуализация на картографической основе ГИС ПАМ-НВ.
7. Определение площадной характеристики зоны затопления НТ и территории контролируемого НП в границах каждого i -ого лога.

4.3. Выходные данные модели для прогнозирования наводнений вследствие паводков

Выходными данными ПАМ-НВ при краткосрочном прогнозировании являются:

- характеристика зон затопления местности при паводках, вызванных обильными осадками;
- численность населения, попавшего в зону затопления. Характеристика структуры потерь и пострадавших среди населения в зоне затопления;
- численность биологических активов, попавших в зону затопления НП, и структура их вероятных потерь;
- количество и структура повреждений зданий и сооружений, попавших в зону затопления.

Глава 5. Модель для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

5.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

5.2. Прогнозирование последствий отключения теплоснабжения

5.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

5.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ОТ в отношении НТ служат следующие данные:

- характеристики систем теплоснабжения потребителей;
- характеристики отказов систем теплоснабжения;
- характеристики пониженного (аварийного) теплоснабжения потребителей;
- параметры метеорологической обстановки.

5.2. Прогнозирование отключения теплоснабжения

Расчет интенсивности отказов участка ТС (λ_i , 1/км/ч) осуществляется по формуле:

$$\lambda_i = \frac{n_{откi}}{8760 * L_i},$$

где:

$n_{откi}$ — количество отказов на i -том участке ТС за предыдущий год, ед.;

L_i — протяженность i -того участка ТС, км.

При отсутствии статистических данных расчет интенсивности отказов участка ТС со сроком службы до 25 лет производится следующим образом:

$$\lambda_i = \lambda_{нач} (0,1\tau_i^{эксп})^{a_i-1},$$

где:

$\lambda_{нач}$ — интенсивность отказов участка ТС, соответствующая начальному периоду эксплуатации, 1/км/год;

$\tau_i^{эксп}$ — продолжительность эксплуатации участка ТС, лет;

a_i — коэффициент, учитывающий продолжительность эксплуатации участка ТС.

5.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий отключения теплоснабжения

Выходными данными ПАМ-ОТ при краткосрочном прогнозировании являются:

- а) прогнозируемое время, затрачиваемое на восстановление теплоснабжения в результате отказа участка ТС (ЗРА);
- б) перечень потребителей с нарушенным теплоснабжением, включая сведения по их категориям и численности людей в зданиях потребителя;
- в) температура воздуха в зданиях каждого потребителя с нарушенным теплоснабжением в конце периода восстановления участка ТС (ЗРА);
- г) уровень угрозы для каждого потребителя с нарушенным теплоснабжением (в динамике, через каждые 3 часа с момента отказа на участке ТС (ЗРА) до момента восстановления теплоснабжения).

Глава 6. Модель для прогнозирования последствий отключения электроснабжения

6.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий отключения электроснабжения

6.2. Определение индекса приоритета восстановления электроснабжения

6.1. Входные данные модели для прогнозирования отключения электроснабжения

Исходными данными ПАМ-ОЭ являются:

- характеристики потребителей электрической энергии, расположенных на территории муниципального района (городского округа);
- характеристика массовых повреждений электросетевых объектов.

6.2. Определение индекса приоритета восстановления электроснабжения

Критерии определения индекса приоритета восстановления электроснабжения потребителей

Значение индекса	Приоритет восстановления электроснабжения	Критерии определения индекса
1	Максимальный	$F_j \leq 50$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1
2	Средний	$50,01 < F_j \leq 80$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1; $F_j \leq 50$, при наличии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1
3	Минимальный	$80,01 < F_j \leq 100$, при отсутствии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1; $50,01 < F_j \leq 100$, при наличии обесточенных потребителей с коэффициентом относительной важности, равным 1

Глава 7. Модель для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

7.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

7.2. Прогнозирование последствий разлива нефти и нефтепродуктов

7.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

7.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Основными исходными данными модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов являются:

- входные данные, характеризующие основные параметры РНН;
- входные данные, характеризующие резервуары хранения НН;
- входные данные, характеризующие метеорологическую обстановку;
- входные данные, характеризующие свойства хранимой НН;
- входные данные, характеризующие участок местности возможного РНН.

7.2. Прогнозирование последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Основными прогнозными параметрами РНН являются:

- прогнозируемая площадь РНН через время, соответствующее шагу прогноза;
- прогнозируемая масса вылившейся НН через время, соответствующее шагу прогноза;
- прогнозирование загрязнения водного объекта, возникновения пожара, взрыва.

7.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий разлива нефти и нефтепродуктов

Выходными данными ПАМ-РН при среднесрочном прогнозировании являются результаты вероятностной оценки возможности РНН из резервуаров хранения НН в течение периода прогнозирования (10 суток).

Выходными данными ПАМ-РН при краткосрочном прогнозировании являются:

- а) данные, реализуемые с применением байесовского классификатора: отклонение фактического значения массы вылившейся НН на участок территории в результате РНН от ее расчетного значения в течение суток через каждые 3 ч; отклонение фактического значения площади загрязненной территории в результате РНН от ее расчетного значения в течение суток через каждые 3 ч; вероятностная оценка возникновения техногенных угроз в результате РНН; вероятностная оценка загрязнения водного объекта в результате РНН;
- б) исходные данные, используемые на каждом шаге прогнозирования.

Глава 8. Модель для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

8.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

8.2. Прогнозирование последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

8.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

8.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-СО являются следующие группы параметров:

- параметры систем (постов) мониторинга сбросов ЖТО, расположенных в непосредственной близости от источников сбросов ЖТО промышленных объектов;
- параметры систем (постов) мониторинга сбросов ЖТО, расположенных на НТ;
- характеристики источников сброса ЖТО;
- характеристики участков ВО в пределах от источников сбросов ЖТО до объектов водозаборов;
- характеристики гидрологической обстановки.

8.2. Прогнозирование последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

Концентрация веществ, входящих в состав ЖТО, при сбросе в ВО определяется по формуле:

$$C(L_x, t) = \frac{m_B}{F(4\pi D_x t)^{0,5}} \left[\exp\left(-\frac{(L_x - \vartheta t)^2}{4D_x t}\right) - Kt \right],$$

где:

$C(L_x, t)$ — средняя концентрация вещества в ВО на расстоянии L_x через время t , г/м³;

L_x — общая протяженность участка ВО от места сброса ЖТО до системы (поста) мониторинга сбросов ЖТО, м;

m_B — начальная масса сброшенного в ВО, г;

F — площадь поперечного сечения ВО, м²;

D_x — коэффициент продольной дисперсии, м²/с;

t — время, прошедшее от начала сброса ЖТО в ВО, с;

ϑ — средняя скорость течения воды на участке ВО, м/с;

K — коэффициент скорости самоочищения воды от сброшенного вещества, входящего в состав ЖТО, 1/с.

8.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий сброса жидких технологических отходов в гидросферу

Выходными данными ПАМ-СО являются:

- вероятностная оценка прогнозируемых концентраций различного типа ЖТО в заданный период времени на системах (постах) мониторинга сбросов в период распространения сброса ЖТО;
- вероятностная оценка снижения показателей ХПК и БПК в результате сброса ЖТО;
- оценка уровня загрязненности воды на основании общего показателя качества воды SCWQI.

Глава 9. Модель для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

9.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

9.2. Прогнозирование последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

9.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

9.1. Входные данные модели для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ОХВ являются следующие группы параметров:

- параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных по периметру промышленных объектов, на которых имеются источники выбросов ОХВ;
- параметры систем (постов) мониторинга выбросов ОХВ, расположенных на НТ;
- характеристики метеорологической обстановки;
- характеристики источников выброса ОХВ и параметров выбросов ОХВ.

9.2. Прогнозирование последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

В ПАМ-ОХВ расчетная концентрация ОХВ в месте размещения системы (поста) мониторинга выбросов ОХВ определяется по стационарной модели Гаусса:

$$C(x, y, z, t) = \frac{q}{2\pi i \sigma_y \sigma_z} \times \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \times \left\{ \exp\left[-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\},$$

где:

$C(x, y, z, t)$ — концентрация ОХВ в точке с координатами x, y, z в момент времени t , мг/м³;

q — мощность выброса из источника, г/с;

h — высота источника выброса ОХВ, м;

i — средняя скорость ветра, м/с;

σ_y — горизонтальная дисперсия, м;

σ_z — вертикальная дисперсия, м;

ось y — поперечно-горизонтальное направление;

ось z — направлена вертикально вверх;

ось x — горизонтальное направление, совпадает с направлением ветра;

начало системы координат — координаты источника выброса.

9.3. Выходные данные модели для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ в окружающую среду

Выходными данными ПАМ-ОХВ являются:

- вероятностная оценка прогнозируемых концентраций различного типа ОХВ в заданный период времени на системах (постах) мониторинга выбросов в период распространения выброса ОХВ;
- оценка уровня загрязненности воздуха на основании общего показателя качества воздуха SCAQI.

Глава 10. Модель для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

10.1. Общие математические модели распространения инфекций

10.2. Входные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

10.3. Определение показателей обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи и показателей смертности в период распространения эпидемии

10.4. Выходные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

10.1. Общие математические модели распространения инфекций

Математические модели распространения инфекций можно разделить по цели их использования на следующие категории:

- модели для идентификации вспышек эпидемий по данным в реальном времени;
- методы машинного обучения для прогнозирования распространения инфекции;
- модели для анализа и прогнозирования распространения инфекции при различных противоэпидемических мерах (компаратментные модели).

10.2. Входные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

Основными входными данными для формирования базового обучающего множества ПАМ-ЭРВЗ являются следующие группы параметров:

- ❖ входные данные, характеризующие НП;
- ❖ входные данные, характеризующие социально-экономические показатели НП;
- ❖ входные данные, характеризующие состав и численность населения НП;
- ❖ входные данные, характеризующие демографические показатели НП;
- ❖ входные данные, характеризующие симптомы и протекание РВЗ;
- ❖ входные данные, характеризующие уровень обеспеченности населения ресурсами медицинской помощи в НП;
- ❖ входные данные, характеризующие эпидемиологическую обстановку в НП;
- ❖ результаты прогнозирования и моделирования распространения ЭРВЗ в НП.

10.3. Определение показателей обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи и показателей смертности в период распространения эпидемии

К показателям обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи на территории НП в период распространения ЭРВЗ относятся: показатель обеспеченности коечным фондом госпитализированных инфекционных больных; показатель обеспеченности кислородными концентраторами; показатель обеспеченности коечным фондом интенсивной терапии; показатель обеспеченности аппаратами ИВЛ (или аналогичными аппаратами); показатель обеспеченности медучреждений старшим медицинским персоналом; показатель обеспеченности медучреждений средним медицинским персоналом.

К показателям смертности в период распространения ЭРВЗ относятся: показатель смертности по причинам болезней органов дыхания в период распространения ЭРВЗ; показатель смертности по причинам болезней системы кровообращения в период распространения ЭРВЗ; показатель смертности по причинам новообразований в период распространения ЭРВЗ; общий показатель смертности по причинам болезней органов дыхания, болезней системы кровообращения и новообразований в период распространения ЭРВЗ.

10.4. Выходные данные модели для прогнозирования последствий массовых заболеваний людей

Выходными данными ПАМ-ЭРВЗ при краткосрочном прогнозировании являются:

- ❖ вероятностная оценка уровня обеспеченности ресурсами системы оказания медицинской помощи в период эпидемии (пандемии) вирусных респираторных заболеваний;
- ❖ вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом инфекционных больных в период распространения ЭРВЗ;
- ❖ вероятностная оценка обеспеченности старшим медицинским персоналом в период распространения ЭРВЗ;
- ❖ вероятностная оценка обеспеченности средним медицинским персоналом в период распространения ЭРВЗ;
- ❖ вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом интенсивной терапии в период распространения ЭРВЗ;
- ❖ вероятностная оценка обеспеченности аппаратами инвазивной вентиляции легких (и аналогичных аппаратов) в период распространения ЭРВЗ;
- ❖ вероятностная оценка обеспеченности коечным фондом, обеспеченным кислородным концентратором, в период распространения ЭРВЗ.

Заключение

Научная новизна разработанных прогнозных и аналитических моделей в области природных, техногенных и биолого-социальных угроз безопасности жизнедеятельности населения заключается в едином научном подходе к их созданию, а именно, в применении метода статистической обработки, основанного на теореме Байеса.

Применение метода Байеса и байесовских сетей для научного прогнозирования кризисных ситуаций и происшествий в природной, техногенной и биолого-социальной сферах требует большого количества актуальных данных для моделирования аварий и стихийных бедствий, что характерно для часто повторяющихся негативных событий.

Статистические методы не применимы для катастрофических ЧС, происходящих редко, но с большим ущербом.

Монография

В.А. Акимов, А.В. Мишурный О.В. Якимюк, А.В. Бобрешова,
Е.О. Иванова, С.В. Колеганов, И.В. Курличенко, С.В. Пигина,
Д.В. Степаненко, И.Ю. Щедров

**Прогнозно-аналитические решения
по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам
единой системы информационно-аналитического
обеспечения безопасности среды жизнедеятельности
и общественного порядка
«Безопасный город»**

Подписано в печать 14.11.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Объем 19,75 .п.л. Тираж 300 экз. Печать цифровая.

Отпечатано в ФГБУ ВНИ И ГОЧС (ФЦ)
121353, Москва, ул. Давыдовская, 7.
Завод № 1. Тираж 30 экз.