



МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ
ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФГБОУ ВО Сибирская
пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России

25 октября 2019 г.

**МОНИТОРИНГ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ
ЯВЛЕНИЙ
И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ**

Материалы IX Всероссийской
научно-практической конференции
(с международным участием)

г. Железногорск

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ
ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГПС МЧС РОССИИ



**МОНИТОРИНГ, МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ
И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

25 ОКТЯБРЯ 2019 года

г. Железногорск 2019

Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 25 октября 2019 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. - 456 с.

Всероссийская научно-практическая конференция «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций» состоялась 25 октября 2019 года в г. Железногорске Красноярского края на базе ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

В сборнике представлены материалы конференции, рассматривающие вопросы по следующим направлениям:

- мониторинг опасных природных процессов;
- прогнозирование чрезвычайных ситуаций и их последствий;
- моделирование природных и техногенных рисков;
- информационное и аналитическое обеспечение действий подразделений МЧС России.

Материалы представляют интерес для специалистов, занимающихся вопросами в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, пожарной и промышленной безопасности.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы. Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 614.8

ББК 68.9

© ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
2019

© Авторы, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Возможности современных информационных технологий при определении расчетного времени следования пожарных подразделений к месту вызова О.С. Малютин	10
Послепожарные вегетационные и тепловые аномалии в условиях криолитозоны по спутниковым данным Н.Д. Якимов, Е.И. Пономарев.....	19
Мониторинг и прогнозирование прямых пожарных эмиссий углерода Е.И. Пономарев, Е.Г. Швецов, Т.В. Пономарева, В.И. Харук.....	29
Ретроспективная проверка программы прогноза поведения лесных пожаров А.В. Волокитина, М.А. Корец.....	34
Расчет интенсивности лесных низовых пожаров А.Ю. Андреев, Ю.А. Андреев.....	41
Метод проектирования сценариев действий в опасных ситуациях В.В. Ничепорчук, А.В. Яровой, Н.Л. Кожемякин	47
Постпирогенное восстановление древесно-кустарниковых пород в центральной Сибири на естественных и антропогенно нарушенных лесных участках А.В. Брюханов, Э.Н. Валендик, Е.К. Кисляхов	59
Методика расчётов оборудования для борьбы с природными пожарами, конструкция и расчёты эффективности применения С.Н. Орловский, А.И. Карнауков.....	66
Чрезвычайные ситуации, обусловленные распространением опасных веществ в Московском метрополитене С.А. Гарелина, К.П. Латышенко.....	71
Система поддержки принятия решений «Тайга - Аналитик» как инструмент прогнозирования обстановки при борьбе с природными пожарами Г.А. Доррер, П.В. Ширинкин, С.В. Кобыжакова, С.В. Яровой.....	75

Тушение лесных пожаров отжигом от минерализованных опорных полос и обоснование конструкции орудия для их прокладки С.Н. Орловский, К.Д. Блинов	85
Проблемы оценки экологического риска техносферных пожаров Ю.Н. Коваль	93
Разработка проекта учебного центра управления в кризисных ситуациях на базе Академии Г.А. Николаев, К.А. Ревуцкий, Г.Г. Демьянов, А.В. Яровой, В.Н. Юрченко	98
СЕКЦИЯ 1. «МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ»	
Влияние условий изменения климата на осуществление мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов Г.Н. Шаповалова, К.В. Тугушов.....	107
Риск возникновения пожаров по месяцам года, произошедшим в Российской Федерации в 2014-2018 гг Т.А. Чечетина, В.С. Гончаренко	120
Методологические подходы к выбору и принятию решений о тушении лесных пожаров Т.А. Саулова, В.И.Бас.....	127
Мониторинг зоны контроля лесных пожаров Сибири Д.П. Зайкина, С.Н. Шишлянникова.....	133
Мониторинг опасных природных процессов с использованием беспилотных авиационных систем А.Ю. Картеничев, М.А. Шентяпина.....	138
Система мониторинга чрезвычайной ситуации, вызванной провалами грунта в городе Березняки Пермского края А.В. Топоров	145
Применение нейронных сетей для решения задач прогнозирования чрезвычайных ситуаций Е.М. Богданова.....	150
Анализ системы мониторинга и прогнозирования ЧС республики Алтай как объекта автоматизации И.Н. Пожаркова, А.М. Зяблицкий.....	156

Система мониторинга и прогнозирования грозовой обстановки на объектах хранения нефтепродуктов А.Г. Марков, А.С. Харламенков, С.В. Абросимов.....	161
Повышение эффективности мероприятий по обеспечению безопасности муниципальных образований в лесопожарный период А.Н. Лысенко, Г.А. Николаев.....	173
Совершенствование системы мониторинга пожарной опасности в степной зоне и применение эффективных способов и методов противопожарной защиты населенных пунктов на примере Краснокаменского района Забайкальского края А.С. Ковальский.....	184
Анализ средств трёхмерного моделирования для решения задач по визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций и пожаров Г.Г. Демьянов, В.В. Лащинский, Г.А. Николаев.....	194
Имитационное моделирование чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнением В.Е. Иванов, П.В. Пучков.....	201
Обоснование использования комплексных оценок рисков для планирования и реализации превентивных мероприятий защиты территорий от ЧС М.О. Берестевич, В.В. Ничепорчук, А.Н. Калайдов, О.О. Кулабухов.....	205
Определение закона распределения случайной величины годовых затрат на тушение лесных пожаров в регионе А.Н. Петров, Д.Г. Снегирев.....	213
Предложения по дальнейшему развитию системы комплексной безопасности жизнедеятельности населения в рамках национальных целей Российской Федерации Г.А. Николаев, И.П. Щербаков, А.Н. Лысенко, П.В. Кулешов, Д.А. Веснин.....	221
Совершенствование системы оперативного мониторинга объектов техносферы Красноярского края Н.Л. Кожемякин.....	234

СЕКЦИЯ 2. «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ»

Система мониторинга технического контроля целостности нефтяных трубопроводов в Арктике с использованием сети метеорной связи

Ю.Г. Ксенофонтов.....240

Организация работы беспилотной авиационной системы при проведении мониторинга нефтепроводов

В.В. Киселев.....247

Особенности математического моделирования динамики температурного режима пожара с учетом движения воздушных потоков

А.В. Калач, А.П. Паршина, Е.В. Калач, Д.И. Сотников.....251

О возможности применения термохромных материалов для индикации самонагревания пирофорных отложений

А.Г. Азовцев, С.А. Сырбу, С.Н. Ульева, А.Л. Никифоров.....259

Комплексный подход к решению технического обеспечения оперативного мониторинга северного морского пути и объектов инфраструктуры Арктики

Ю.Г. Ксенофонтов.....264

Проблемы мониторинга очагов возгорания на основе автоматических систем пожарной безопасности в зданиях с массовым пребыванием людей (на примере учебных корпусов высших учебных заведений России)

В.П. Малый, Р.А. Кривошеев.....270

Инструмент оценки состояния пожарной опасности по видам экономической деятельности

И.А. Кайбичев.....280

Использование технологий БПЛА при пожаротушении

А.В. Пивоваров, А.А. Морозов.....284

Учебный модуль оценки целостности технологических аппаратов ультразвуковым методом

Г.Х. Самигуллин, Е.Н. Кадочникова.....287

Аварийно химически опасные вещества (АХОВ) в Ивановской области

П.В. Данилов, Д.Н. Костылев, А.К. Кокурин, М.А. Козлова.....293

Прогнозирование экологических последствий возможных аварий Н.А. Кропотова.....	303
Обеспечение техногенной безопасности и защищенности населения как превентивная экологическая деятельность Н.Г. Горячева.....	308
Математическая модель несимметричного прогрева ограждающих конструкций в условиях пожара А.А. Кузьмин, Д.А. Крылов, Т.А. Кузьмина	312
Проблемные вопросы доведения до населения информации, полученной при мониторинге и прогнозировании опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций с применением технологии сетей цифрового телерадиовещания Г.Н. Романов, В.П. Малый.....	321
Крупные дорожно-транспортные аварии и катастрофы в Российской Федерации за 2014-2018 годы В.В. Зубань, В.Н. Копченев, Е.Н. Малёмина, Т.А. Чечётин, М.В. Загуменнова.....	332
Подходы к оценке индивидуального пожарного риска Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов, В.В. Харин.....	343
Моделирование термовакuumных испытаний в среде SIMINTECH А.В. Чубарь, И.Н. Пожаркова, В.В. Устименко, Э.Г. Валиева	352
СЕКЦИЯ 3. «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ»	
Системы связи на основе технологий множественного доступа для управления действиями подразделений МЧС России И.Л. Скрипник.....	361
Формализованное представление системы пожарного мониторинга состояния объектов Ю.Г. Ксенофонтов.....	367
Применение инфокоммуникационных технологий для обеспечения выработки управленческих решений по тушению пожара на потенциально опасных объектах И.О. Кручинкина, А.А. Страхолис.....	375

Оценка достаточности мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей на основе BIM – моделирования	
Ф.А. Дали, Г.Л. Шидловский, З.М. Исаев.....	384
Применение стандарта цифровой радиосвязи DMR для управления действиями подразделений МЧС России	
И.Л. Скрипник.....	388
Компьютерная программа расчета основных сил и средств для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при разрушениях зданий	
С.Н. Блинов, Т.А. Саулова.....	394
Прогнозирование развития обстановки, связанной с лесными пожарами, и единый подход к расчету сил и средств по их тушению на территории Республики Тыва	
И.Ю. Муравьев, В.В. Лащинский.....	400
Оценка готовности подразделений пожарной охраны к обеспечению безопасности	
А.Н. Рогинский, А.П. Сатин.....	405
Анализ применения АПК «Безопасный город» на примере г. Санкт-Петербурга	
Н.А. Кропотова.....	410
Построение системы управления движением автономного объекта в среде SIMINTECH	
В.А. Мызникова, Е.Д. Толстенков, А.В. Чубарь.....	418
Применение компьютерных систем для обработки статистических данных о динамике чрезвычайных ситуаций в РФ	
А.А. Клятченко.....	432
Прогнозирование и расчет показателей надежности систем автоматической пожарной сигнализации	
И.Л. Скрипник.....	436
Система автоматического вызова подразделений пожарной охраны и порядок организации обмена оперативной информации на пожаре	
А.Н. Бочкарев, А.Д. Семенов, Р.И. Харламов.....	443

Вывод сигнала о пожаре на пульт подразделений пожарной охраны.
Сравнительный анализ программно-аппаратных комплексов
для передачи извещений о пожаре

А.В. Дорохин..... 447

Возможности современных информационных технологий при определении расчетного времени следования пожарных подразделений к месту вызова

О.С. Малютин

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Введение

Летом 2019 года в научно-технический центр ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (далее НТЦ) обратились сотрудники ГУ МЧС России по Красноярскому краю с просьбой оказать содействие в определении наименее прикрытых пожарными подразделениями зон города Красноярска. Технология решения подобной задачи описывается в методических рекомендациях МЧС России, утверждённых Главным Государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору Г.Н. Кирилловым от 30 декабря 2009 г. № 2-60-14-18 (далее - Рекомендации), однако готовых инструментов для ее реализации в открытом доступе нет. Поэтому сотрудники НТЦ были вынуждены создавать такую систему самостоятельно.

Эта задача была успешно решена. Нюансам ее реализации и возможностям дальнейшего применения посвящен данный доклад.

Методика определения фактического времени прибытия подразделений пожарной охраны

Согласно действующих в Российской Федерации норм технического регулирования места дислокации подразделений пожарной охраны на территориях поселений и городских округов определяются исходя из условия, что время прибытия первого подразделения к месту вызова не должно превышать 10 минут [1]

Непосредственно определение мест размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах, в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений, осуществляется в соответствии с Рекомендациями.

Рекомендации предназначены для использования при разработке планов строительства сил и средств пожарной охраны в городских поселениях, в городских округах и в сельских поселениях, а также для определения мест размещения дополнительных подразделений пожарной охраны в городских населенных пунктах и сельских районах, в

целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений.

Методика, изложенная в рекомендациях, предусматривает следующие этапы определения зоны фактического времени прибытия подразделений:

1 Этап – выбор картографической основы.

На данном этапе выбирается карта городского поселения (городского округа), сельского района с нанесенными на ней соответствующими топологическими символами (транспортная сеть, водные преграды, лесные массивы, здания, сооружения и т.д.), определяется граница рассматриваемого населенного пункта или сельского района.

2 Этап – указание мест дислокации подразделений.

На данном этапе на карте определяются места дислокации каждой действующей пожарной части.

3 Этап – определение граничных значений скорости пожарных автомобилей.

На данном этапе на основе статистической информации о выездах или на основе экспериментальных данных для каждого отрезка дорог определяется граничное значение скорости пожарного автомобиля.

4 Этап – определение зоны обслуживания.

На заключительном этапе, основываясь на полученных данных, производится расчет максимальной протяженности пути, который способны преодолеть пожарные автомобили. Затем на карте, в масштабе, указываются зоны, где соблюдаются нормативные значения времени прибытия подразделений пожарной охраны.

Как видно из вышеприведенного, методика определения мест дислокации пожарных подразделений при планировании строительства новых депо приведена достаточно подробно. Однако в Рекомендациях не даны указания по инструментальной реализации. Таким образом, выбор средств для реализации методики остается за лицом, проводящим расчет. Проведенный анализ показал, что в настоящее время в открытом доступе отсутствуют готовые инструменты для решения данной задачи.

Кроме того методика, в том виде в каком она изложена в Рекомендациях, не предназначена для решения задачи определения наименее прикрытых районов населенных пунктов с учетом уже существующих подразделений.

Наконец, при большом количестве маршрутов расчет без применения специальных вычислительных средств становится крайне трудоемким процессом.

Таким образом, перед ИТЦ встал ряд задач требующих решения. А именно:

1 – необходим пересмотр методики с тем, чтобы она могла быть применена для оценки зон нормативной достижимости существующих подразделений;

2 – необходима система автоматизации вычислений;

3 – необходима система визуализации результатов вычислений.

Если решение первой задачи требует лишь разумного подхода и особой сложности не представляет, то решение двух других требует поиска соответствующих технических решений.

Внимательно изучив проблемную область, в качестве наиболее подходящей системы визуализации результатов вычислений была выбрана ГИС-технология, позволяющая отображать данные относительно их географического положения. Соответственно, для решения задачи проведения вычислений потребовалась система, которая позволяла бы с одной стороны проводить вычисления графа дорожной сети, а с другой выдавала бы результат в формате приемлемом для визуализации в рамках ГИС.

Библиотека для расчета маршрутов

В настоящее время, благодаря развитию информационных технологий в целом, геоинформационные системы получили широкое распространение. На рынке существует огромное количество решений позволяющих визуализировать всевозможные данные, имеющие картографическую привязку. Одним из наиболее актуальных направлений развития ГИС является осуществление поиска кратчайшего пути из одной географической точки в другую, с учетом конфигурации дорожной сети. Подобными системами сейчас обладают практически все картографические сервисы предназначенные как для веб-платформ, так и для различных мобильных устройств.

Исходя из постановки задачи требовался инструмент, который позволил бы рассчитывать не один маршрут из пункта А в пункт Б, а дерево маршрутов определенной временной продолжительности из единой точки старта.

Проведенный анализ существующих в открытом доступе систем для проведения подобных расчетов показал, что наиболее подходящим инструментом для решения подобной задачи является свободно

распространяемая библиотека Itinero для приложений на базе платформы .NET. Эта библиотека позволяет решать различные оптимизационные задачи, связанные с ориентированными графами дорожной сети, в том числе и задачу построения дерева маршрутов.

Источником пространственной информации для библиотеки Itinero при построении графа дорожной сети является бесплатный картографический сервис OpenStreetMap (далее – OSM). OSM предоставляет пользователю возможность получать любые картографические данные, которыми располагает данный сервис, в том числе формализованное представление элементов дорожной сети – проезжих частей дорог. При этом сервис предоставляет не просто географическое положение этих элементов, но и некоторый набор метаданных, более подробно описывающих их. Например, направление следования и максимальную скорость движения на данном участке.

Библиотека Itinero, получая на вход эти данные, преобразовывает их в граф дорожной сети, в контексте которого в дальнейшем и производятся все расчеты (рис. 1).

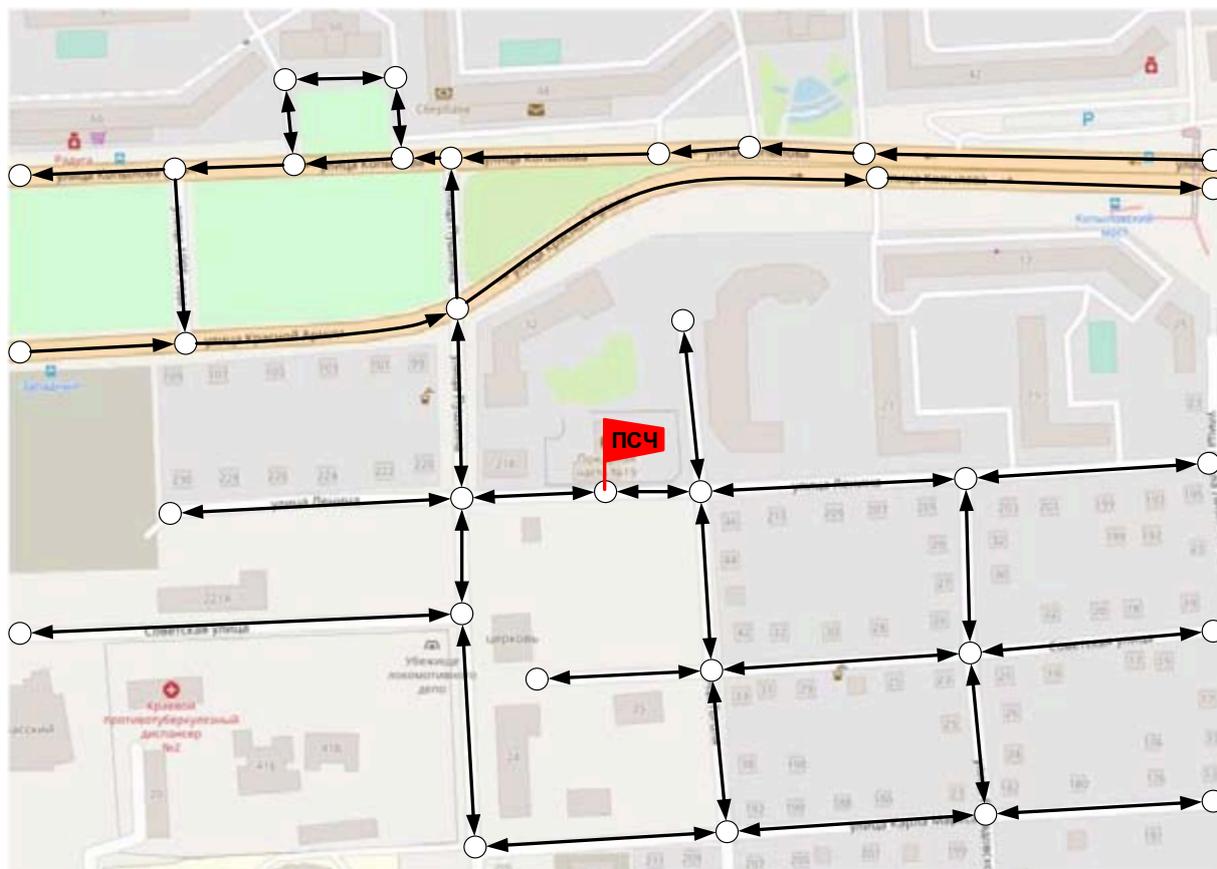


Рисунок 1 – Наглядное представление фрагмента графа дорожной сети на карте города

Помимо характеристик элементов дорожной сети при расчетах библиотека Itinero позволяет настраивать параметры движения собственно транспортного средства, для которого производится расчет. Пользователь может указать такие параметр как максимальная скорость движения, возможность перемещаться против направления движения и т.д.

В рамках нашей задачи при расчете были использованы следующие настройки режима движения пожарных автомобилей:

- пожарные автомобили могут перемещаться сверх установленных скоростных ограничений;
- пожарные автомобили могут останавливаться на участках дорог, где это запрещено;
- пожарные автомобили могут разворачиваться на участках дорог, где это запрещено, а также выполнять повороты в любом направлении несмотря на ограничения;
- пожарные автомобили не имеют штрафов при передвижении по участкам дорог оборудованным светофорами;
- пожарные автомобили могут перемещаться по любым типам дорог, даже в том случае, если обычным транспортным средствам это запрещено, также они могут использовать в качестве маршрута следования служебные территории (например, парковки торговых центров).

В качестве непосредственной реализации программного решения, использующего библиотеку Itinero ,была написана специальная программа с консольным интерфейсом, принимающая на вход данные OSM, файлы с настройками движения пожарных автомобилей и файл с координатами стартовых точек подразделений.

При этом для каждой пожарной части можно указать индивидуальные параметры движения автомобилей. В качестве таковых выступало значение медианы скорости движения автомобилей, вычисленной в ходе анализа сведений о выездах пожарной техники.

В качестве выходных данных формируются файл с координатами пожарных частей и маршрутов следования для каждой из них.

Визуализация данных

Визуализация результатов расчета была осуществлена в виде статического вебсайта с картографической подложкой, получаемой в режиме онлайн из открытых картографических сервисов, построенных на базе карт OSM.

В качестве представления результатов расчета была выбрана «тепловая карта», наложенная на карту города. Данный вид диаграмм

позволяет отражать полученные расчетным методом значения при помощи цветовых градиентов.

За отображение «тепловой карты» отвечает свободно распространяемая библиотека `heatmap.js` написанная на языке программирования `Java script`. Данная библиотека работает с массивом данных вида:

- географические координаты;
- вес.

Параметр «географические координаты» отвечает за размещение точек тепловой карты. Параметр «вес» обозначает то, насколько сильное влияние на цвет тепловой карты оказывает данная точка. В рамках данной работы параметр «вес» соответствует времени прибытия пожарных подразделений.

Картографическая подложка визуализируется при помощи `Java script` библиотеки `leaflet.js`, отвечающей за отображение картографических данных `OSM`.

Для работы с электронной интерактивной картой необходим персональный компьютер с установленной операционной системой: `Windows`, `Mac` и веб-браузером с доступом к сети `INTERNET`.

В архиве с приложением имеется ряд файлов и папок. Стартовым файлом приложения является `index.html`. При его запуске в окне браузера пользователю представляется карта города Красноярск (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Общий вид карты города Красноярск при запуске приложения

Поверх картографической основы наложены слои, представляющие тепловую карту достижимости районов города пожарными подразделениями, размещение пожарных депо, маршрутов следования

подразделений и точек, указывающих места реальных выездов и времени следования до них.

«Тепловая карта» – слой содержит «тепловую» карту достижимости районов города пожарными подразделениями. Цвета карты имеют градиент зеленый-желтый-красный, где зеленый цвет соответствует максимально быстрому прибытию, красный прибытию за 10 минут. Зоны, не закрытые тепловой картой, отражают районы города куда прибытие в течение 10 минут, согласно расчету с учетом использованных значений скорости движения - невозможно. Точное соответствие цветов градиента отражено на шкале в нижней левой части экрана (Рисунок 3).

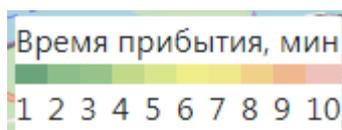


Рисунок 3 - Цветовая шкала тепловой карты прибытия

Подразделения – данный слой содержит маркеры расположения пожарных частей, использованных при расчете. Маркеры представляют собой красный флажок. При клике на нем появляется всплывающая подсказка с названием подразделения (Рисунок 4).

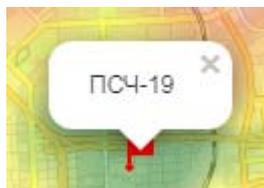


Рисунок 4 - Маркер подразделения с всплывающей подсказкой

Группа слоев «Зона ПСЧ» - однотипные слои, содержащие маршруты следования подразделений в пределах расчетной зоны достижимости, наложенные на дорожную сеть. Для каждого из подразделений создан собственный слой. Маршруты следования каждого подразделения имеют свой цвет.

При нажатии левой кнопки «мыши» на произвольном маршруте отображается всплывающая подсказка (Рисунок 5), содержащая сведения о подразделении и расчетном времени следования по данному фрагменту дорожной сети. В расчет берется конечная точка фрагмента.

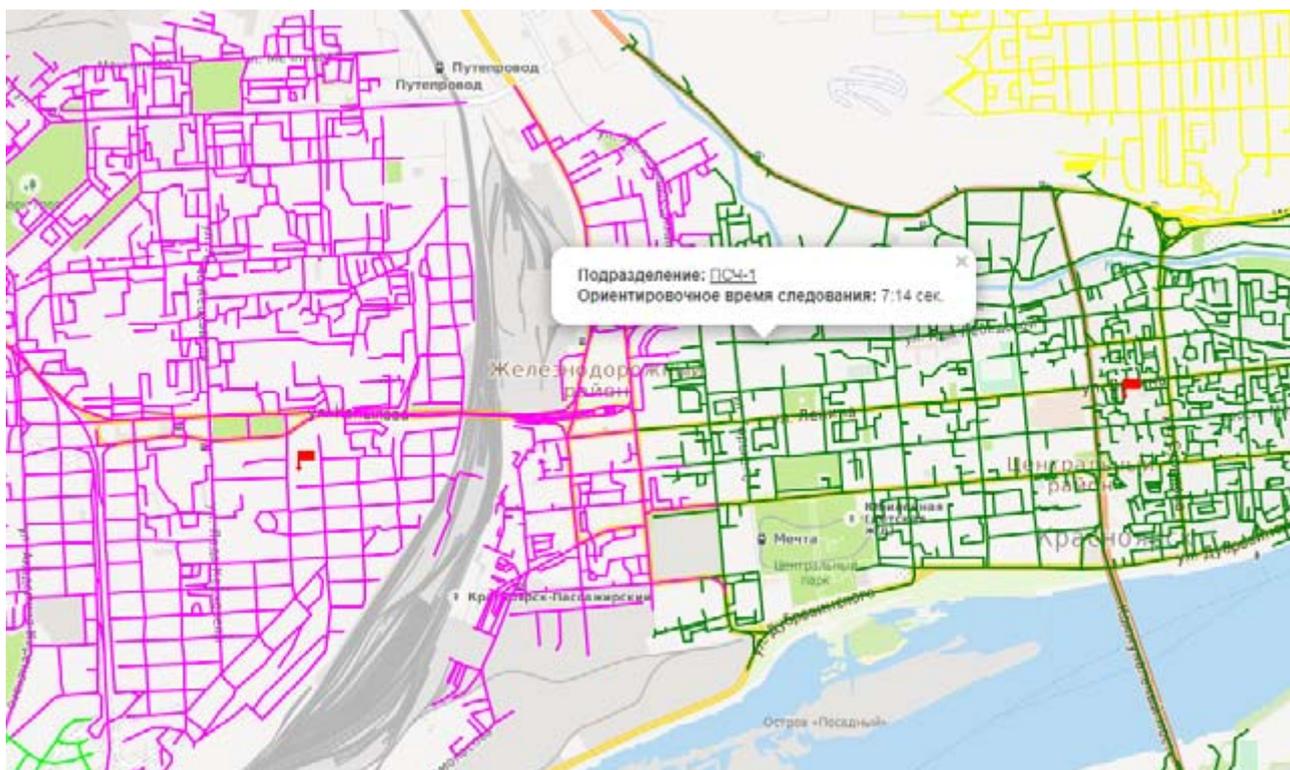


Рисунок 5 - Слои зон достижимости подразделений с всплывающей подсказкой

Заключение

Разработанный инструмент позволил расчетным методом обосновать наиболее оптимальное распределение границ районов выезда пожарных подразделений, а также выявить районы города Красноярска, время следования до которых превышает требования федерального законодательства. Результаты расчета были наглядно визуализированы.

Выработанный подход к определению оптимальных маршрутов следования может быть эффективно использован в следующих случаях:

- при определении мест, наименее прикрытых пожарными подразделениями - для строительства новых пожарных депо;
- при определении границ районов выезда пожарных подразделений;
- при составлении документов предварительного планирования действий по тушению пожаров;
- в оперативной деятельности центральных пунктов пожарной связи при высылке подразделений на пожары с учетом текущей дорожной обстановки (наличия пробок и перекрытия проездов).

Таким образом результаты работы могут представлять ценность для руководящего состава главных управлений МЧС России - как инструмент объективной оценки ожидаемого времени прибытия первого пожарного подразделения.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

2. «Методические рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны в населенных пунктах в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений», утв. Г.Н. Кирилловым 30 декабря 2009 г. № 2-60-14-18.

3. Официальный сайт проекта OpenStreetMap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.openstreetmap.org> – (20.09.2019).

Послепожарные вегетационные и тепловые аномалии в условиях криолитозоны по спутниковым данным

Н.Д. Якимов^{1,3}, Е.И. Пономарев^{1,2}

¹СФУ, Институт Экологии и географии,

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН,

³Федеральный исследовательский центр КНЦ СО РАН

Введение

Во всем мире в современных условиях отмечается рост числа и площадей лесных пожаров [1, 2, 3]. После воздействия пожаров, как правило, длительное время наблюдаются аномалии теплового режима подстилающей поверхности поврежденных территорий, вызванные снижением показателей альбедо и теплоизолирующих свойств подстилки и напочвенного покрова, на участках пройденных огнем [1, 4]. Аномалии теплового баланса могут быть критичными для экосистем, а также техногенных и социальных объектов в условиях криолитозоны. Детальный мониторинг, в частности, с привлечением спутниковых средств контроля, позволяет моделировать динамику тепловых процессов в верхних горизонтах почвы и прогнозировать возможные изменения в закономерностях функционирования сезонно-талых слоев. Этот вопрос в настоящее время имеет большую актуальность, в частности, при изучении стабильности лесных экосистем бореальной зоны Сибири [5, 6], имеющих важное экологическое, хозяйственное и социальное значение [7].

Исходные данные

В работе использованы данные Terra/MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) с пространственным разрешением 250–1000 м. Использовались стандартные продукты MODIS уровня обработки L2G и L3. Откалиброванные ежедневные данные об альбедо поверхности в диапазонах $\lambda_1 = 0,620–0,670$ мкм (канал 1, MODIS) и $\lambda_2 = 0,841–0,876$ мкм (канал 2, MODIS) были получены из стандартного продукта MOD09GQ. Ежедневные попиксельные данные о температуре поверхности в диапазоне $\lambda_3 = 10,780–11,280$ мкм (31 канал, MODIS) вычислялись из продукта MOD11A1. Анализ усредненных значений проводился по 22 участкам за 2016–2017 года в лиственничниках на территории Эвенкии. Аналогичные усреднения проводились по 21 участку за 2016–2017 в лиственничниках на территории Якутии (Рис. 1). Полученные значения

сравнивались с фоновыми значениями ненарушенных участков за период от 3 декады мая до 1 декады сентября. Фоновые значения также усреднялись по всей выборке нарушенных участков за каждый год. На основе полученных данных вычисляли показатель NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) и значения температурных аномалий, как в абсолютных значениях, так и в процентах по отношению к среднестатистической норме (фоновые значения). Географические координаты района на территории Эвенкии: 59,8–62,5 С. Ш. и 96,5–104 В. Д. Протяженность исследуемого участка с севера на юг 330 км, а с запада на восток 400 км. Район расположен на Среднесибирском плоскогорье, рельеф преимущественно горный, нарушенные лесные участки представлены послепожарными лиственничниками кустарничково-лишайниково-зеленомошными. Географические координаты района на территории Якутии: 61,4–65 С. Ш., 115,5–125,4 В. Д. Протяженность исследуемого участка с севера на юг около 385 км, а с запада на восток 530 км (Рис. 1). Выбранная территория находится в районе восточносибирского таежного мерзлотного района, с доминированием лиственничных древостоев. Временной интервал возникновения пожаров с июня по август 2016–2017 г., оценка послепожарных эффектов произведена по данным за 2018 г. Таким образом, исследованы особенности состояния участков после одного и двух лет восстановления. Площадь исследуемых участков сильно различается, от условно малых (2 га) до экстремально больших (80 тыс. га). Это обеспечивает наличие всех категорий пожаров по площади, выделяемые нами ранее, в данной выборке [8]. Высокой частоте пожаров на исследуемых территориях способствует целый ряд факторов. Самыми важными из таких факторов являются относительно малое биологическое разнообразие растительного покрова, небольшое количество осадков, низкая влажность воздуха при высокой температуре воздуха [7]. Выделенные особенности способствуют наиболее быстрому высыханию лесных горючих материалов (ЛГМ), что увеличивает возможность возникновения пожаров и распространения их в границах целых ландшафтов – ландшафтные пожары [4].

На снимках видно, что гари занимают значительную часть выбранной территории. Нарушенные участки детектируются до 1996 года включительно.

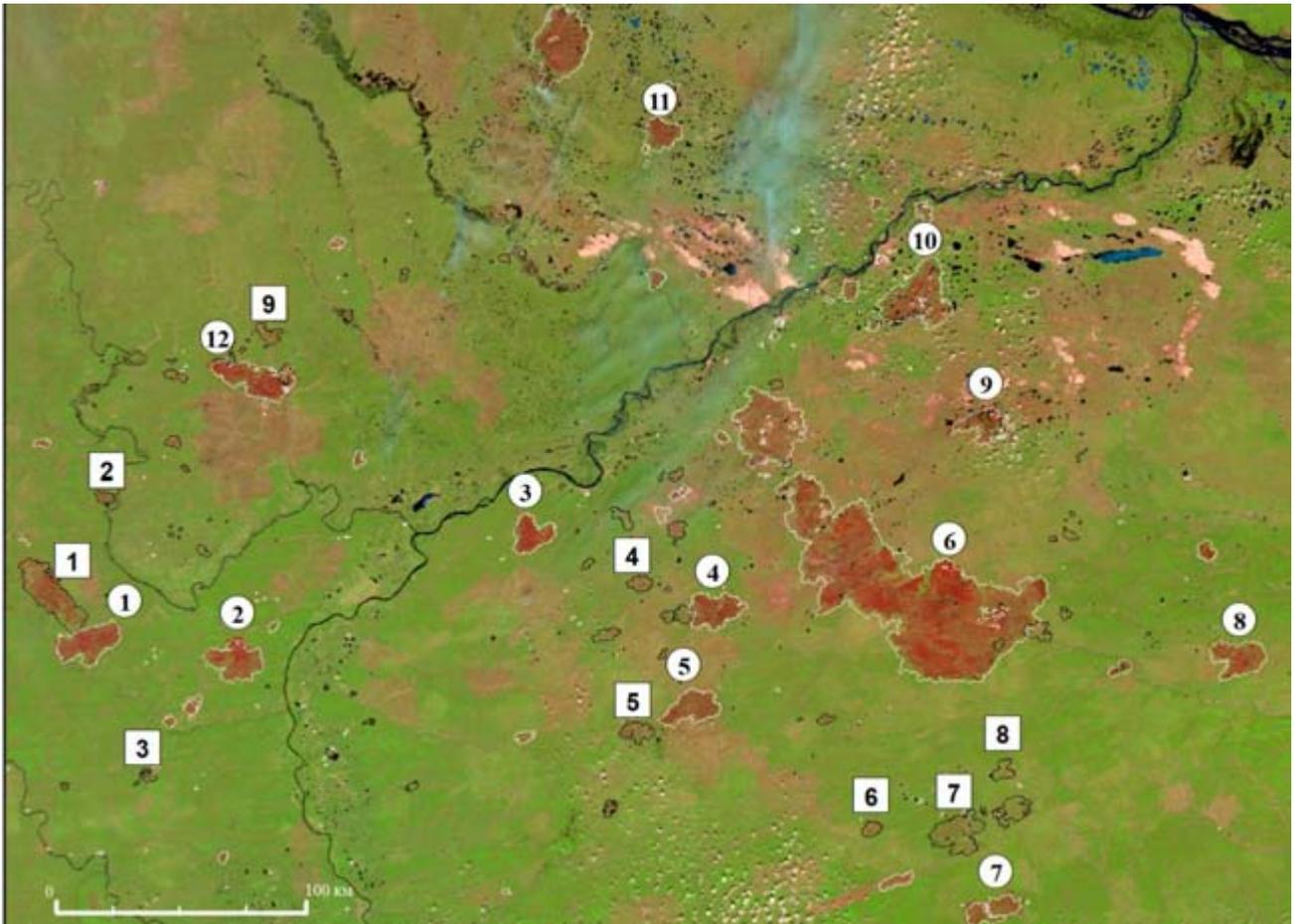


Рисунок 1 - Пример спутникового снимка района исследования по материалам съемки Terra/MODIS, Якутия, 03.06.18.

Методы исследования

Температурные значения в тепловом канале с диапазоном $\lambda_3 = 10,780\text{--}11,280$ мкм (канал 31, MODIS) для нарушенных участков, определялись на основе замеров в 5–10 точках в границах полигона (рис.2). Отдельно выполнялись усреднения для каждого из рассмотренных послепожарных лесных участков.

В исследовании было рассмотрено более 43 лесных участков подверженных пожарам. Также были подсчитаны средние фоновые значения отдельно по каждому пожару для каждой декады сезона, по которым были доступны информативные спутниковые снимки (табл.1). В качестве фоновых значений использовали показатели температуры и альбедо, зафиксированные на расстояние не более 2 км от границы пирогенно нарушенного лесного участка. Для каждого исследуемого пожара были определены соответствующие фоновые значения, усредненные не менее чем по 5 измерениям. В нашем исследовании степень послепожарного состояния растительности определяли

индексом NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Такой индекс является количественным показателем фотосинтетически активной биомассы растительности. Для всех случаев были выявлены вариация (аномалии) абсолютных значений температуры и показателя NDVI, а так же величина относительного отклонения этих показателей от фоновых значений, выраженная в процентах. Общий полученный объем температурных показателей и альбедо с нарушенных и фоновых участков составил более 3000 значений, что говорит о статистической значимости выборки и полученных на основе ее результаты.

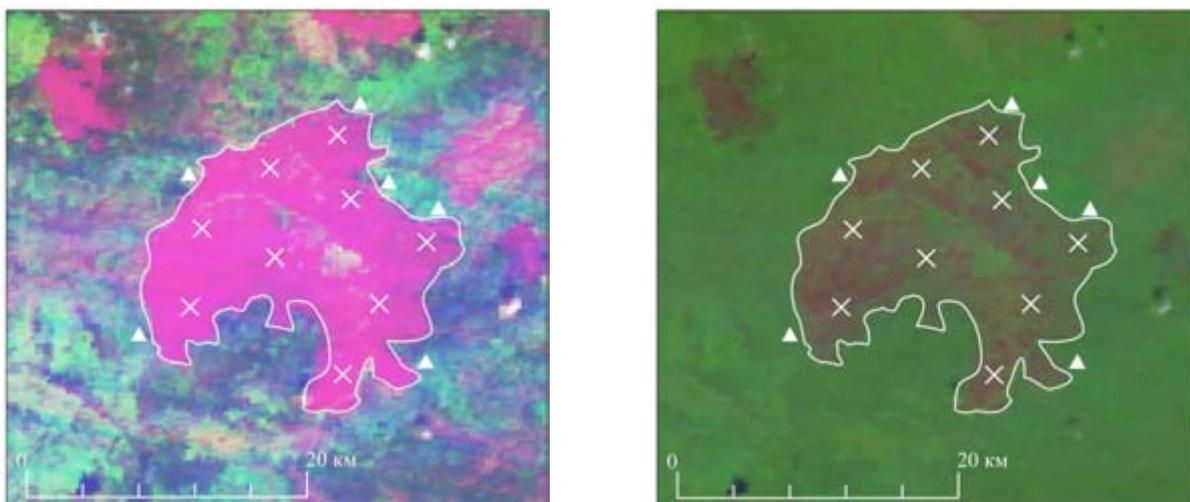


Рисунок 2 - Пример спутникового снимка пожара в исследуемой выборке. Условными знаками зафиксированы точки сбора данных о температуре и альбедо подстилающей поверхности внутри полигона пожара (X), так и фоновые значения в непосредственной близости (▲). По материалам спутниковой съемки Terra/MODIS. Эвенкия, 2018 г.

Результаты и их обсуждения

Температура нарушенных участков в течение 1 года после пожаров варьировала в диапазоне $12,2-27,8^{\circ}\text{C}$, в среднем за весь период это значение составляло $21,9\pm 3,4^{\circ}\text{C}$. В течение 2 года температура находилась в диапазоне $15,45-28,71^{\circ}\text{C}$, а в среднем за весь период $23,7\pm 2,6^{\circ}\text{C}$. Температура фоновых участков варьировала в диапазоне $10,7-22,0^{\circ}\text{C}$ и в среднем за весь период – $17,8\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ (1-ый год после пожаров). В течение 2 года диапазон фоновых температур – $13,0-25,7^{\circ}\text{C}$, а за весь период составили $20,41\pm 2,2^{\circ}\text{C}$. В среднем температурная аномалия в 1-ый год после пожара составила $4,58^{\circ}\text{C}$, а в течение второго года снизилась до $3,33^{\circ}\text{C}$ (рис. 3а). Самая высокая аномалия

температуры в течение 1 года наблюдалась в 3 декаду июня и составила 11°C ., в течение 2 года самая высокая температурная аномалия снизилась почти на 39% до $6,74^{\circ}\text{C}$ и наблюдалась в 3 декаду июля. Температурные показатели в различные фенологические периоды могут кардинально отличаться, чему способствуют различные факторы, основным из которых являются погодные условия. Исходя из вышесказанного, следует, что абсолютные температурные значения нельзя рассматривать в качестве инвариантных, определяющих состояние рассматриваемого участка, показателей. Поэтому помимо абсолютных значений температур были исследованы ряды данных о вариации относительной аномалии температуры постилающей поверхности и соотношение показателей NDVI для нарушенных и ненарушенных участков.

Так относительные значения температурных аномалий нарушенных участков и фона составляли в среднем $25,0\pm 4,7\%$, а в течение второго года – снизились до $16,44\pm 4\%$. Максимальное значение в первый год ($34,15\%$) фиксировалось в 3 декаде июня, во второй год ($29,82\%$) – в 3 декаду июля (рис. 3б). Максимальное абсолютное значение температурной аномалии в 1 год наблюдалось в 3 декаде июня и достигает $7,54\pm 1,3^{\circ}\text{C}$, минимальное значение $2,47\pm 0,26^{\circ}\text{C}$ в 1 декаду сентября (рис. 3а). Во 2 год максимум аномалии в абсолютном значении составила $5,45^{\circ}\text{C}$ и наблюдалась в 3 декаду июля. Усредненные данные измерений температур по декадам проиллюстрированы на рис. 3.

Аналогично для послепожарных участков на территории Якутии температурная аномалия в среднем за весь период исследования в течение первого года восстановления составила $5,6^{\circ}\text{C}$. Ко второму году температурная аномалия снизилась на 46,4% до отметки в 3°C . Таким образом, можно сделать вывод, что некоторые особенности, климатические и (или) почвы, на территории Якутии позволяют нарушенным участкам быстрее нагреваться и также быстрее остывать. Этому свидетельствуют и резкое снижение температурной аномалии, начиная с 3 декады августа, по отношению к значениям в середине сезона.

Максимальное абсолютное значение температурной аномалии в первый год наблюдалось во 2 декаде июня и достигло отметки в $10,87^{\circ}\text{C}$, что в свою очередь выше на 44,2%, чем на территории Эвенкии. Во второй год максимальное значение снизилось на 83% и составило $5,94^{\circ}\text{C}$, наблюдалось также во 2 декаду июня. Проиллюстрированная динамика изменения аномалии температур в Якутии показана на рис. 3в, г.

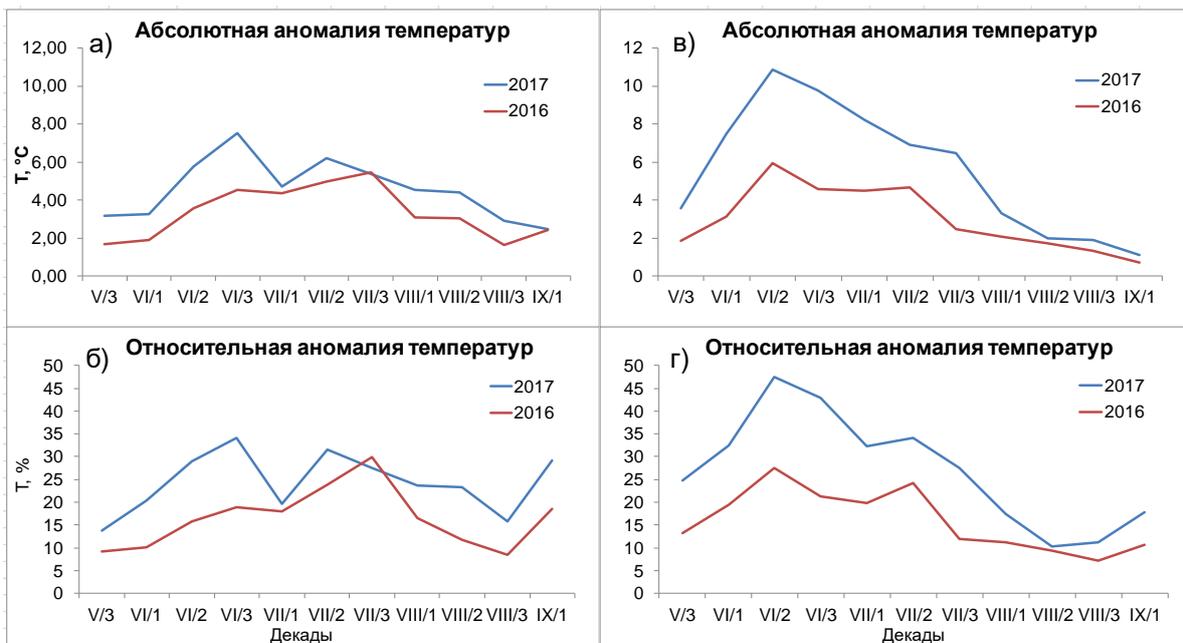


Рисунок 3 - Сезонная динамика абсолютных значений температурных аномалий на территории Эвенкии (а,б) и Якутии (в,г) по отношению к фону (а, в), и относительные отклонения температуры поврежденных участков от фоновых значений (б, г).

Сезонная динамика температурных показателей имеет ярко выраженную цикличность с минимальными значениями в начале/в конце сезона и максимумом в середине лета при максимальных значениях инсоляции (Рис. 3а, в).

При анализе помесечных усреднений NDVI нарушенных участков и фоновых значений зафиксировано снижение показателей от 62,6% в мае до 44,5% в сентябре на территории Эвенкии в первый послепожарный год. В среднем за весь период это соотношение составило 55,8% (рис. 4б). В течение второго года снижение начинается с 42,1% в мае до 38,8% в сентябре, но с некоторыми пиками в 3 декаду июня и 1 декаду июля до 49,7% и 45,7% соответственно. Можно предположить, что уменьшение различий показателей в конце сезона вызвано в большей степени осенним снижением фотосинтетической активности растительности, так как NDVI фона снизился на 35–50% относительно измерений для середины сезона в первый год. Подекадный анализ показывает, что в среднем для нарушенных участков с 3 декады мая по 3 декаду июня показатель NDVI ниже на 62%, чем на фоновых участках. В промежутке с 1 декады июля по 1 декаду августа разница снижается и составляет 54%. Со 2 декады августа до конца сезона показатели также снижаются на 5% и составляют в среднем 49%, такие

снижения характерны для первого года восстановления. Ко второму году наблюдается более равномерная ситуация, за исключением описанных ранее пиков, и разница в NDVI за весь период составила $42,16 \pm 1,97\%$ (рис. 4б). Предполагается, что в начале мая должны фиксироваться показатели аналогичные сентябрьским, однако из-за недостатка исходной информации такие результаты не были получены.

Усредненные показатели вегетационного индекса на территории Якутии проиллюстрированы на рис.3а. Как видно из графиков (рис. 3а) повреждение растительности в первый год на данной территории более существенно, так как процентное снижение вегетационного индекса на нарушенных участках составляет в среднем за весь сезон $69,03\%$, в Эвенкии же показатель ниже и составляет $55,8\%$. В целом на территории Якутии встречаются пики, в середине сезона, достигающие 79% . К концу сезона происходит резкое снижение, как и в случае с температурами. Ко второму году так же, как и в случае с показателем NDVI в Эвенкии, ситуация сглаживается и разница в значениях вегетационного индекса составляет $46,49 \pm 2,87\%$ в течение всего сезона. Яркие выраженные скачки аномалии NDVI во второй год не наблюдается, идет плавное снижение от $54,1\%$ в начале сезона, до $40,6\%$ к концу сезона. В среднем разница между показателями NDVI Эвенкии и Якутии на второй год за весь сезон составила $4,33\%$.

Сезонный ход кривых аномалий температуры и индекса NDVI имеют близкий характер (рис. 2,3), что закономерно, так как определяется динамикой теплообеспеченности территории и соответствующей сменой фенологических фаз, характеризующих состояние вегетирующей растительности подстилающей поверхности в целом.

Следует отметить, что результаты спутникового мониторинга [9] и ряд наземных экспериментов [5] позволяют констатировать долговременные (15–20 лет) последствия тепловых аномалий на послепожарных участках криолитозоны. Даже в условиях успешного восстановления растительности, когда признаки нарушения растительности, определяемые аномалиями индекса NDVI, исчезают полностью (5–7 лет после пожара), тепловой фон остается значимым. Одним из возможных сценариев долговременного избыточного прогрева в условиях криолитозоны может быть частичная деградация мерзлотных слоев, что может быть причиной потенциальных чрезвычайных ситуаций экологического или техногенного плана.

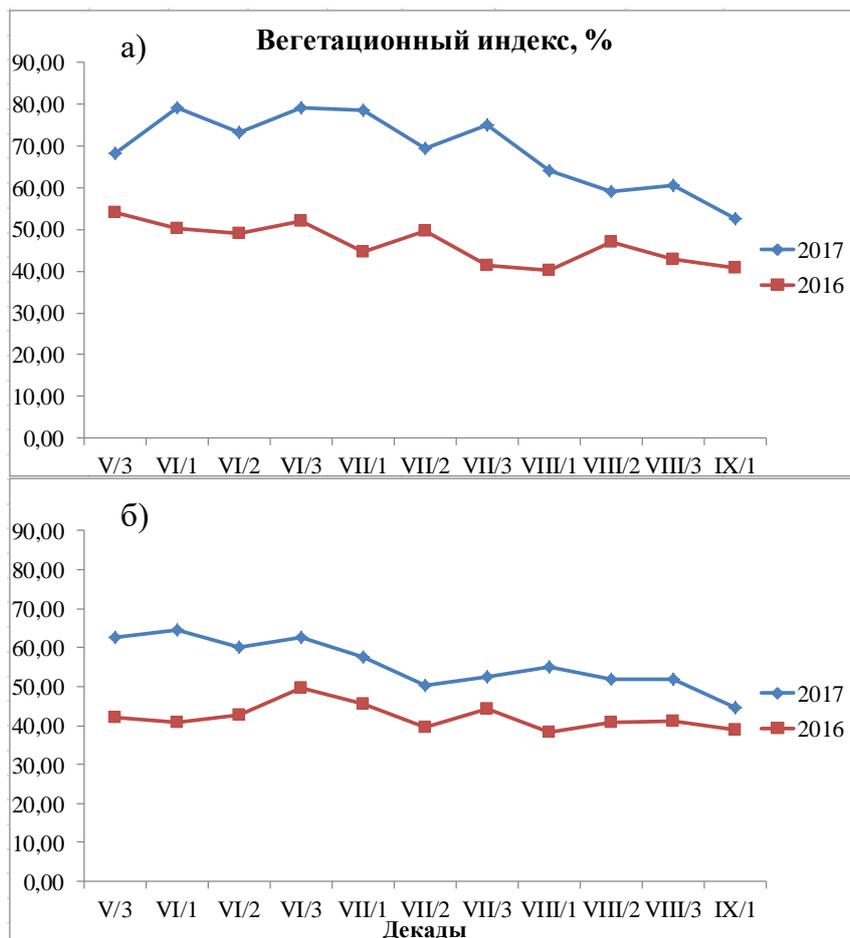


Рисунок 4 - Сезонная динамика аномалии вегетационного индекса нарушенных участков в сравнении с фоновыми значениями. Показатели выборки Якутии – а, показатели выборки Эвенкии – б (V-май, VI-июнь, ..., IX-сентябрь; 1, 2, 3 – обозначения декад месяцев)

Выводы

Вследствие уменьшения показателей альбедо на нарушенных участках наблюдается повышенный уровень инсоляции и соответственно избыточный прогрев подстилающей поверхности (напочвенного покрова и верхних горизонтов почв). В результате этого в течение вегетационного периода фиксируется повышение температуры на таких участках до 7,5°С в Эвенкии и до 10,9°С – в Якутии по сравнению с температурами неповрежденных пожаром участков лиственничников в первый год после пожаров. Ко второму году эти показатели снижаются до 5,5°С и 5,9°С.

На основе анализа полученных показателей NDVI выявлено, что вегетационный индекс фотосинтетически активной биомассы растительности на нарушенных участках в течение первого года после пожаров в среднем составляет 55,8% от среднестатистических фоновых значений на первый год, ко второму году снижается до 42,2% на территории Эвенкии. На территории Якутии в течение первого года такой

показатель составляет 69,03% и снижается до 46,49% ко второму году. Разница в значениях NDVI нарушенных участков и фона максимально в начале сезона и уменьшается к концу сезона наряду со снижением фотосинтетической активности растительности.

Таким образом, спутниковые данные обеспечивают возможность долговременного анализа за состоянием и динамикой восстановительных процессов на послепожарных участках в условиях криолитозоны Сибири. Показана эффективность использования методов спутникового мониторинга, как на основе вегетационных инвариантных показателей, так и по данным в тепловом инфракрасном диапазоне. При этом результаты анализа динамики долговременных тепловых аномалий послепожарных участков могут быть основой для контроля за состоянием сезонно-талых слоев почв и грунтов в условиях криолитозоны Сибири.

Работа выполнена в рамках тем № 0356-2019-0009 (0356-2017-0739) и 0356-2018-0052. Обработка спутниковых данных выполнена при поддержке РФФИ, правительства Красноярского края, Краевого фонда науки «Моделирование и спутниковый мониторинг эффектов от тепловых аномалий подстилающей поверхности в сезонно-талом слое почв криолитозоны Сибири» (№ 18-41-242003).

Список использованных источников

1. Швиденко А.З., Щепаченко Д. Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение. 2013. № 5. С. 50–61.

2. Пономарев Е. И., Харук В. И. Горимость лесов Алтае-Саянского региона Сибири в условиях наблюдаемых изменений климата // Сибирский экологический журнал. 2016. № 1. С. 38–46.

3. Швецов Е. Г., Пономарев Е. И. Оценка влияния внешних условий на мощность теплоизлучения от лесных пожаров по данным спутникового мониторинга // Сибирский экологический журнал. 2015. № 3. С. 413–421.

4. Валендик Э. Н., Кисляхов Е. К., Рыжкова В. А., Пономарев Е. И., Данилова И. В. Ландшафтные пожары тайги центральной Сибири // Известия Российской академии наук. 2014. № 3. С. 73–86.

5. Безкоровайная И. Н., Борисова И. В., Климченко А. В., Шабалина О. М., Захарченко Л. П., Ильин А. А., Бескровный А. К. Влияние пирогенного фактора на биологическую активность почв в условиях многолетней мерзлоты (Центральная Эвенкия) // Вестник КрасГау. 2017. № 9. С. 181–189.

6. Пономарев Е. И., Пономарева Т. В. Дистанционный мониторинг послепожарных эффектов в криолитозоне Средней Сибири //

Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 5. С. 85–95.

7. Цветков П. А. Исследование природы пожаров в Северной Тайге Средней Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2006. Т. 23. № 2. С. 186–195.

8. Пономарев Е. И., Швецов Е. Г., Якимов Н. Д., Литвинцев К. Ю., Пономарев О. И. Мониторинг и прогнозирование характеристик природных пожаров Сибири // Мат. VII Всерос. конф. «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций». Железногорск. 2017. С. 9–13.

9. Пономарев Е. И., Пономарева Т. В. Влияние послепожарных температурных аномалий на сезонное протаивание почв мерзлотной зоны Средней Сибири по дистанционным данным // Сибирский экологический журнал. 2018. № 4. С. 477–486. doi: 10.15372/SEJ20180408.

10. Харук В. И., Пономарёв Е. И. Пространственно-временная горимость лиственничников Центральной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2017. №6. С. 423–429.

11. Якимов Н. Д., Пономарев О. И., Пономарев Е. И. Мониторинг послепожарных вегетационных и тепловых аномалий в условиях криолитозоны по спутниковым данным // Мат. Всерос. Конф. «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций». Железногорск. – 2019. – С. 421–429.

Мониторинг и прогнозирование прямых пожарных эмиссий углерода

**Е.И. Пономарев^{1,2}, Е.Г. Швецов^{1,3},
Т.В. Пономарева^{1,3}, В.И. Харук^{1,3}**

¹*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,*

²*Федеральный исследовательский центр КНЦ СО РАН,*

³*Сибирский федеральный университет*

Современный масштаб горимости лесов Сибири [1; 2] определяет важность и актуальность системы мониторинга и прогнозирования пожарных эмиссий, которую невозможно реализовать без привлечения инструментальных методов и дистанционных спутниковых данных. Инструментальные оценки и прогнозирование пожарных эмиссий – одно из современных направлений тематической обработки материалов спутникового мониторинга.

В современном климате пожары в лесах Сибири определяют значимый вклад в статистику углеродных эмиссий в планетарном масштабе. Однако с учетом существующих сценариев изменения пожарных режимов [3–7], уровень эмиссий может существенно увеличиться во второй половине XXI в. Цели работы – создание инструментальной технологии оценки и прогнозирования прямых пожарных эмиссий, с возможностью дифференциального учета интенсивности горения на всех стадиях развития пожара.

В данном исследовании использован банк пожаров за 2002–2019 гг., зафиксированных спутниковыми средствами (банк данных Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН). Мощность тепловыделения пожаров вычисляли из стандартного продукта MOD14/MYD14 (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>) с использованием методики Fire Radiative Power (FPR). Данный показатель связан с интенсивностью активной зоны пожара и количеством сгорающей массы лесных горючих материалов [8]. Оценки запасов лесных горючих материалов были обобщены по материалам публикаций [9–12]. На стадии численного моделирования в качестве входного параметра использовали обобщенный показатель, характеризующий запасы почвенного покрова в различных древостоях Сибири.

Интегральное количество сгоревших запасов лесных горючих материалов и оценки прямых эмиссий углерода определялось с использованием методики [13]. В предложенном нами подходе учитывалась площадь, пройденная огнем (m^2), коэффициент, определяющий долю углерода в сгорающей биомассе (г/кг), а также

вероятные пределы вариации коэффициента полноты сгорания и количества сгорающей биомассы (кг/м²) в зависимости от интенсивности активной зоны пожара, классифицируемой дистанционно.

На первом этапе была получена предварительная классификация площадей пожаров в Сибири по интенсивности горения, которую выполняли на основе анализа теплоизлучения (FRP). Пороговые значения, разделяющие категории интенсивности, определяли исходя из статистических параметров распределения радиационной мощности, рассчитанных по всем пожарным пикселям базы данных пожаров [14; 15]. Квантили интенсивности были ограничены стандартным отклонением (σ) от среднего (FRP_{ср}) [16]. Квантили интенсивности были заданы в следующих диапазонах:

I) $< FRP_{ср} - \sigma$; II) от $FRP_{ср} - \sigma$ до $FRP_{ср} + \sigma$; III) $> FRP_{ср} + \sigma$.

Таким образом, впервые для пожаров территории Сибири инструментально классифицированы участки низко-, средне- и высокоинтенсивного горения по преобладающим древостоям. В среднем площади пожаров низкой интенсивности в Сибири составляют 42–47 % в год, пожары средней интенсивности зафиксированы на площадях 41–46 %, доля высокоинтенсивных пожаров – 10–13 % общей площади. Дисперсия значений (σ) составляла 6–15 %. Расчеты и усредненные оценки пожарных эмиссий выполняли для двух, описанных ранее [17], вероятных сценариев пожароопасного сезона на территории Сибири – условно «стандартного» и экстремального (табл.).

Таблица - Оценки прямых пожарных эмиссий по преобладающим древостоям

Преобладающие древостои	Площадь пожаров, млн га/год	Нижняя оценка		Верхняя оценка		% от суммарной эмиссии (min–max)
		Тг С/год	т С/га	Тг С/год	т С/га	
Лиственничники	2.765	42.9	15.5	52.0	18.8	51.6–62.4
Сосняки	0.656	11.0	16.7	11.8	18.0	13.2–14.2
Темнохвойные	0.153	1.9	20.4	3.1	20.4	2.3–3.7
Лиственные/смешанные	0.275	3.8	13.7	4.7	17.24	4.5–5.7

Оценка количества сгоревших растительных горючих материалов выполнялась для каждого участка с известной интенсивностью горения с учетом переменных коэффициентов полноты сгорания [11; 18]. Дифференциальный учет площадей, пройденных пожарами переменной интенсивности, позволил получить уточненные оценки прямых эмиссий пожаров. Рассчитанные значения прямых эмиссий 83 ± 21 Тг С/год в

среднем на 17–20% ниже, чем результат (112 ± 25 Тг С/год) «стандартных» методик расчета [16]. Многолетние данные эмиссий от пожаров Сибири варьировали от минимальных значений 20–40 Тг С/год (2004, 2005, 2007, 2009, 2010 гг.) до 227 Тг С/год в 2012 г. Это значительно ниже экстремальных оценок, приводимых как для пожаров Сибири (>500 Тг С/год), так и для Канады (>300 Тг С/год) [7; 12].

Предварительно был формализован тренд пожарных эмиссий на территории Сибири [16], который подтвердился новыми данными, рассчитанными за пожароопасные сезоны 2018 и 2019 гг. с точностью интерполяции на уровне $R^2 = 0.73$ (см. рис., а). На фоне устойчивого роста пожарных эмиссий выделяются три пожароопасных сезона 2003, 2012 и 2019 гг., когда оценка эмиссий зафиксирована в диапазоне 150–200 Тг С/год. Эти оценки соответствуют описанным выше сценариям экстремального пожарного сезона (см. табл.).

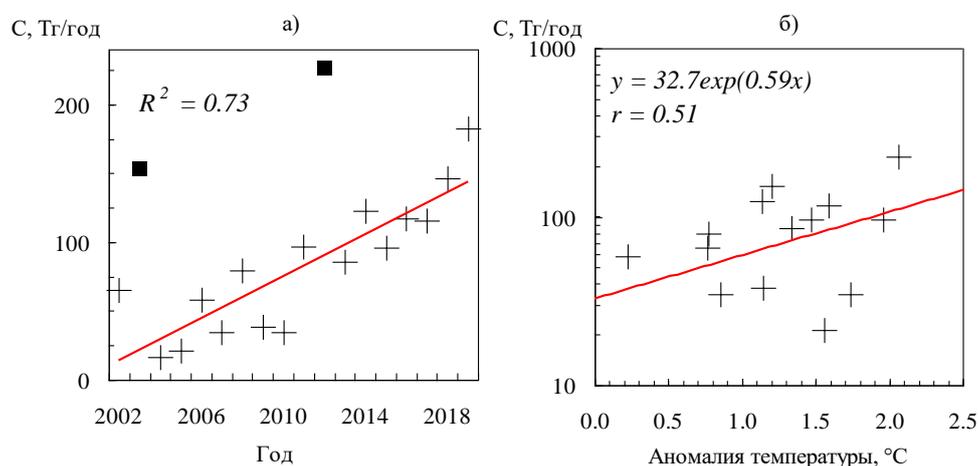


Рисунок - Вариация прямых углеродных эмиссий от пожаров Сибири на временном интервале 2002–2019 гг.:

а) тренд на основе многолетнего ряда ($p < 0.05$);

б) связь с аномалиями температуры воздуха.

Данные за 2019 г. приведены на 20 августа.

В динамике прямых эмиссий наблюдается значимый тренд ($R^2 = 0.56$, $p < 0.05$), соответствующий установленному ранее [19; 20] возрастанию площади лесных пожаров в Сибири. В условиях устойчивого положительного тренда роста летних температур воздуха следует ожидать связи пожарных эмиссий с указанными аномалиями (см. рис., б). По нашим оценкам, в зависимости от реализуемого климатического сценария (RCP2.6, RCP4.0, RCP8.5) [21] пожарные эмиссии в Сибири в конце XXI в. могут достигнуть от 220 до 700 Тг С/год, а при «жестком» сценарии – 2300 Тг С/год [16].

Совокупность предложенных методов реализует полный цикл обработки данных спутникового мониторинга для прогнозирования прямых эмиссий с учетом динамики развития пожара в режиме, приближенном к реальному времени.

Работа выполнена по теме госзадания № 0356-2019-0009 и при частичной поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки № 17-41-240475, № 18-05-00432.

Список использованных источников

1. Барталев С.А., Стыценко Ф.В., Егоров В.А., Лупян Е.А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. 2015. № 2. С. 83–94.

2. Бондур В.Г., Гордо К.А., Кладов В.Л. Пространственно-временные распределения площадей природных пожаров и эмиссии углеродосодержащих газов и аэрозолей на территории Северной Евразии по данным космического мониторинга // Исслед. Земли из косм. 2016. № 6. С. 3–20. doi:10.7868/S0205961416060105.

3. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16–28.

4. Смирнов Н.С., Коротков В.Н., Романовская А.А. Выбросы черного углерода от природных пожаров на землях лесного фонда Российской Федерации в 2007–2012 гг. // Метеорология и гидрология. 2015. № 7. С. 5–17.

5. Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Ваганов Е.А. и др. Влияние природных пожаров в России 1998–2010 гг. на экосистемы и глобальный углеродный бюджет // Докл. РАН. 2011. Т. 441. № 4. С. 544–548.

6. Conard S.G., Sukhinin A.I., Stocks B.J., Cahoon D.R., Davidenko E.P., Ivanova G.A. Determining effects of area burned and fire severity on carbon cycling and emissions in Siberia // Clim. Change. 2002. V. 55. № 1–2. P. 197–211.

7. Soja A.J., Cofer W.R., Shugart H.H., Sukhinin A.I., Stackhouse Jr. P.W., McRae D.J., and Conard S.G. Estimating fire emissions and disparities in boreal Siberia (1998–2002) // J. Geophys. Res. 2004. V. 109. doi:10.1029/2004JD004570.

8. Kumar S.S., Roy D.P., Boschetti L., Kremens R. Exploiting the power law distribution properties of satellite fire radiative power retrievals: A method to estimate fire radiative energy and biomass burned from sparse satellite observations // J. Geophys. Res. 2011. № 116. P. 1–18.

9. Волокитина А.В. Классификация и картографирование растительных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов. Новосибирск: СО РАН, 2002. 306 с.

10. Иванова Г.А., Иванов В.А., Кукавская Е.А., Конард С.Г., Макрей Д.Д. Влияние пожаров на эмиссии углерода в сосновых лесах

Средней Сибири // Сиб. экол. журн. 2007. Т. 14. № 6. С. 885–895.

11. Цветков П.А. Адаптация лиственницы Гмелина к пожарам в северной тайге Средней Сибири // Сиб. экол. журн. 2005. № 1. С. 117–129.

12. de Groot W.J., Cantin A.S., Flannigan M.D., Soja A.J., Gowman L.M., Newbery A. A comparison of Canadian and Russian boreal forest fire regimes // For. Ecol. and Manage. 2013. V. 294. P. 23–34. doi:10.1016/j.foreco.2012.07.033.

13. Seiler W., Crutzen P.J. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and atmosphere from biomass burning // Clim. Change. 1980. № 2. P. 207–247.

14. Пономарев Е. И., Швецов Е. Г., Литвинцев К. Ю. Калибровка оценок пожарных эмиссий на основе данных дистанционного зондирования // Исслед. Земли из космоса. 2018. № 5. С. 41–51. doi:10.31857/S020596140003239-3.

15. Пономарев Е.И., Швецов Е.Г., Усатая Ю.О. Регистрация энергетических характеристик пожаров в лесах Сибири дистанционными средствами // Исслед. Земли из космоса. 2017. № 4. С. 3–11. doi:10.7868/S0205961417040017.

16. Пономарев Е.И., Швецов Е.Г., Харук В.И. Интенсивность горения в оценке эмиссий от пожаров // Экология. 2018. № 6. С. 1–8. doi:10.1134/S0367059718060094.

17. Пономарев Е.И., Скоробогатова А.С., Пономарева Т.В. Горимость лесов Сибири и межсезонные вариации уровня тепло- и влагообеспеченности // Метеорология и гидрология. 2018. № 7. С. 45–55.

18. Глаголев М.В., Сабреков А.Ф. Ответ А.В. Смагину: II. Углеродный баланс России // ДОСиГИК. 2014. Т. 5. № 2 (10). С. 50–69.

19. Харук В.И., Пономарев Е.И. Пространственно-временная горимость лиственничников Центральной Сибири // Экология. 2017. № 6. С. 413–419. doi:10.7868/S0367059717060026.

20. Ponomarev E.I., Kharuk V.I., Ranson K.J. Wildfires dynamics in Siberian larch forests // Forests. 2016. Vol. 7. № 6. P. 1–9. doi:10.3390/f7060125.

21. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. Field C.B., Barros V., Dokken D.J. et al. – World Meteorological Organization: Geneva, 2014. 190 p.

Ретроспективная проверка программы прогноза поведения лесных пожаров

А.В. Волокитина, М.А. Корец

*Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН,
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН*

Введение

Проблема лесных пожаров актуальна для многих стран. Для управления, контролирования и тушения пожаров необходим прогноз их поведения. Прежде всего, это прогноз скорости распространения пожара по территории, его интенсивности, развития и последствий для древостоев. Наиболее развитые системы прогноза поведения пожаров растительности, включая лесные, имеются в США и Канаде, но использование их в России затруднительно не только из-за природных и климатических различий, но и по причине разных исторически сложившихся подходов к пирологической классификации комплексов растительных горючих материалов (РГМ).

Система BEHAVE (США)

В американской национальной системе Behave использована математическая модель Ротермела [1], для которой была сформирована информационная база данных на основе типового метода пирологической характеристики растительности, а именно, путем грубого разделения всей растительности США на пирологические типы – «топливные модели» (fuel models) – вначале на 13, а затем на 40, с последующим их картографированием. В настоящее время продолжается создание обширной базы данных по характеристике растительных горючих материалов (РГМ) и пожаров. Карты «LANDFIRE» (с разрешением в 1 акр) составлены почти на всю территорию США [2].

Система FBP (Fire Behavior Prediction) (Канада)

Современная версия системы включает оценку запаса сгорающих при пожаре растительных горючих материалов, определение скорости распространения и интенсивности пожара для типовых комплексов – типов горючего (fuel types), а также модели развития пожаров, в том числе верховых [3]. При расчётах в системе FBP используется две группы факторов: пирологическая характеристика участков растительности (на основе их классификации) и пирологическая характеристика погоды (в виде кодов и индексов. Пока в Канаде выделены 16 типов пирологических

категорий участков растительности (типов горючего), которые далеко не охватывают всё разнообразие растительности Канады. Поэтому система FBP может использоваться там пока лишь на отдельных пожарах.

Тестирование моделей и программ прогноза поведения пожаров, проводимые в США и Канаде, свидетельствуют о недостаточно высокой эффективности систем, поэтому там продолжается их совершенствование.

Состояние вопроса прогноза поведения пожаров в России

В России пока нет специально разработанной государственной системы по прогнозу поведения лесных пожаров. В «Указаниях по обнаружению и тушению лесных пожаров» [4], утвержденных приказом Федеральной службы лесного хозяйства от 30 июня 1995 года №100, рекомендуется руководителям тушения при сложной лесопожарной обстановке составлять прогнозы поведения пожаров, «пользуясь планом лесонасаждений и таблицами в приложениях 4-6 с учётом возможного изменения обстановки и погоды». Но указанные таблицы в приложениях 4-6 перепечатаны из старого варианта одноимённых «Указаний...» 1976 года [5]. Они содержат «примерные показатели развития и распространения лесных пожаров» только для 7 типов леса европейской части страны и лишь для 4 типов леса на Дальнем Востоке с указанием минимальной, максимальной и средней скорости распространения пожаров. Корректный прогноз поведения пожаров с использованием такой информации невозможен. Кроме того, огромная территория Урала и Сибири с сотнями типов леса не имеет даже таких примерных характеристик скорости распространения горения по территории.

В Институте леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН создаётся национальная система прогноза поведения пожаров растительности, включая лесные, опираясь на многолетние фундаментальные пирологические исследования [6]. Разработаны: классификация РГМ и методы их картографирования [7] (в том числе программа «PGM» для составления карт РГМ в ГИС [8]), эмпирическая модель распространения горения по территории [9; 10], что послужило основой для разработки компьютерной программы прогноза поведения пожаров растительности, включая лесные, «PGM2» [11]. Данная программа по заданному начальному контуру пожара и таблице показателей горения позволяет в интерактивном режиме проследить дальнейшую динамику распространения низового пожара в форме временного ряда контуров

кромки пожара. При этом для каждого контура пожара в заданный момент времени рассчитываются основные статические и динамические характеристики, такие как площадь, периметр и скорости их изменения за временной интервал.

Установка программы «PGM2» на персональный компьютер

Программа «PGM2» может быть установлена на персональный компьютер под управлением операционной системой Windows (SE, 2000, XP). Системные требования: процессор – любой Intel-совместимый; оперативная память – не менее 256 МГб; место на жестком диске – не менее 100 МГб. Предварительно на ПК должно быть установлен пакет ГИС ESRI ArcView GIS 3.2. согласно его инструкции по установке. Папка PGM2 должна быть скопирована на жесткий диск ПК пользователя.

Способы проверки работы программы PGM2

При проверке работы программы PGM2 должны сравниваться поэтапно предсказанные параметры лесного пожара с действительными параметрами. Чтобы обеспечить статистическую достоверность выводов для разнообразных условий, количество анализируемых пожаров не должно быть единичным. Проверка может производиться:

- 1) на экспериментальных пожарах;
- 2) на обычных действующих пожарах;
- 3) ретроспективно, прогнозируя поведение прошлых пожаров.

Понятна сложность организации проверки программы по первым двум способам. Даже за рубежом (США) чаще прибегают к третьему способу проверки – ретроспективному.

Для ретроспективной проверки нами были выбраны два объекта, имеющие необходимую информационную базу данных для составления карт растительных горючих материалов (карт РГМ) в ГИС: Чунское лесничество (равнинные условия) и заповедник «Столбы» (горные условия). Были собраны необходимые сведения за прошлые годы о погоде и о лесных пожарах (о местах возникновения, времени действия и об их распространении по территории). Главным критерием при выборе прошлых лесных пожаров было качество абрисов, которые имелись в протоколах о лесных пожарах и в учётных карточках в лесничестве и в заповеднике. В протоколах указываются номера кварталов и таксационных выделов, время действия, вид и сила пожара, его площадь, затраты сил и средств на тушение. К протоколу прилагается абрис (схема), где показан окончательный контур пожара. Обычно протоколы по

всей форме составляются на пожары, которые действуют в зоне наземной охраны. Предпочтение отдавалось абрисам, выполненным на выкопировках с планшетов, которые выполняются на ГИС-основе, что очень важно для точной привязки пожаров при компьютерном прогнозировании их распространения. Всего для проверки работы программы было подобрано 26 пожаров в Чунском лесничестве и 10 – в заповеднике «Столбы».

Результаты ретроспективной проверки программы PGM2

Для примера результаты выполненной ретроспективной проверки работы программы PGM2 в заповеднике «Столбы» приведены на рисунке (пожары №1 и №2 за 2003 год). На карте PGM цветом показаны основные проводники горения, а в виде формул – другая необходимая для пирологического описания информация. Нанесены начальные и конечные контуры пожаров, а также прогнозные, рассчитанные по программе PGM2. В табл.1 и 2 содержатся пирологические характеристики пожаров №1 и №2, а также расчёт необходимых сил и средств на их тушение по программе PGM2.

Результаты ретроспективной проверки работы программы прогноза поведения по всем анализируемым лесным пожарам показали её надёжную работу и возможность использования в практике лесопожарной охраны на территориях с лесоустроительной информацией в ГИС.

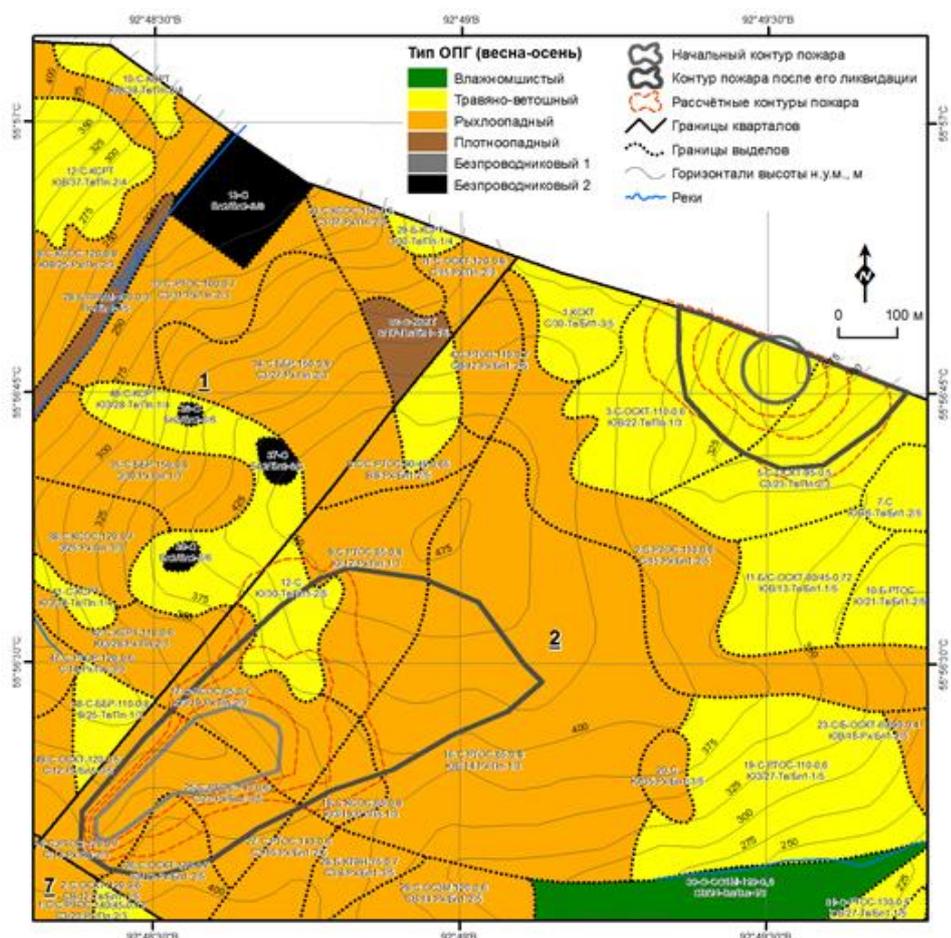


Рисунок - Ретроспективная проверка программы прогноза поведения лесных пожаров № 1 (1га) (вверху) и №2 (3 га) (внизу), обнаруженных 12 мая 2003 года в 17.30 и в 20.30 соответственно, в квартале № 2 заповедника «Столбы»

Примечание к рисунку. Формулы в выделах: в числителе: номер выдела, древесная порода, возраст, полнота, тип леса; в знаменателе: экспозиция, крутизна склона, тип основного проводника горения весной (осенью)/летом, критический класс засухи для основного проводника горения весной (осенью)/летом

Таблица 1 - Характеристика пожара № 1 (2003 г.) в заповеднике «Столбы»

Характеристика пожара	Время от начала прогноза, ч		
	1	2	4
Площадь пожара, га	2.1	3.6	7.6
Периметр пожара, м	50	730	1120
Скорость увеличения периметра, м/час	184	192	182
Скорость увеличения площади, га/час	1.3	1.6	2.3
Средняя скорость фронта пожара, м/час	26	23	22
Средняя интенсивность кромки, кВт/м	61	61	61
Оценка силы пожара	Средняя	Средняя	Средняя

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА			
Оптимальная скорость тушения, м/час	553	575	545
Минимальная ширина противопожарного барьера, м	4	4	3
Продолжительность тушения, час / площадь пожарища после тушения, га в зависимости от числа рабочих и бульдозеров			
Тушение без использования бульдозеров			
Рабочих 3	4.5 / 8	7 / 20	-
Рабочих 5	2 / 4	3 / 10	4 / 20
Рабочих 7	1.2 / 3.2	2 / 8	3 / 16
Рабочих 10	0.8 / 2.8	1.2 / 7	2 / 14
Рабочих 15	0.5 / 2.8	0.8 / 7	1.2 / 14
Тушение с использованием бульдозеров			
Тушение с использованием бульдозеров экономически не целесообразно	-	-	-

Таблица 2 - Характеристика пожара №2 (2003 г.) в заповеднике «Столбы»

Характеристика пожара	Время от начала прогноза, ч		
	1	3	5
Площадь пожара, га	4.1	7.5	14
Периметр пожара, м	940	1270	1720
Скорость увеличения периметра, м/час	108	176	223
Скорость увеличения площади, га/час	1.1	2.7	3.5
Средняя скорость фронта пожара, м/час	14	23	21
Средняя интенсивность кромки, кВт/м	18	38	54
Оценка интенсивности пожара	Слабая	Слабая	Слабая
ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА			
Оптимальная скорость тушения, м/час	320	530	670
Минимальная ширина противопожарного барьера, м	2	4	3
Продолжительность тушения, час / площадь пожарища после тушения, га в зависимости от числа рабочих и бульдозеров			
Тушение без использования бульдозеров			
Рабочих 3	7 / 20	-	-
Рабочих 5	3 / 10	4 / 20	4 / 20
Рабочих 7	2 / 8	3 / 16	3 / 16
Рабочих 10	1.2 / 7	2 / 14	2 / 14
Рабочих 15	0.8 / 7	1.2 / 14	1.2 / 14
Тушение с использованием бульдозеров			
Тушение с использованием бульдозеров экономически не целесообразно	-	-	-

Список использованных источников

1. Rothermel R.C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. - Ogden: USDA, Forest Service Research Paper. – Int-115. – Inter-Mountain forest and range experiment Station. – 1972. – 40 p.
2. Scott J.H., Burgan R.E. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA, forest Service, Rocky Mountain Research Station. General Technical Report RMRS – GTR – 153, 2005. – 80 p.
3. Forestry Canada. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. Inf.Rep. ST-X-3. – Ottawa, 1992. – 63 p.
4. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. – М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1995. – 110 с.
5. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. – М.: Госкомитет лесного хозяйства СМ СССР, 1976. – 110 с.
6. Волокитина А.В., Софронов М.А., Корец М.А., Софронова Т.М., Михайлова И.А. Прогноз поведения лесных пожаров. – Красноярск: Изд-во ИЛ СО РАН, 2010. – 211 с.
7. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 314 с.
8. Корец М.А., Волокитина А.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: Программа для расчета пирологического описания лесоустойчивых выделов.– №2014660252 от 03 октября 2014 г.
9. Софронов М.А. Лесные пожары в горах Южной Сибири. – М.: Наука, 1967. – 152 с.
10. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. – Новосибирск: Наука. – 1990. – 205 с.
11. Корец М.А., Волокитина А.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: Программа для прогноза распространения низового пожара.– № 2015661771– от 09 ноября 2015 г.

Расчет интенсивности лесных низовых пожаров

А.Ю. Андреев, Ю.А. Андреев

Сибирский федеральный университет

Ежегодно только в Сибири в зависимости от погодных условий возникает от 10 до 40 тыс. лесных пожаров на площади от нескольких сот до нескольких миллионов гектаров. Под угрозой перехода лесных пожаров находятся примерно 4 тыс. населенных пунктов, в которых проживают более 2 млн. человек, насчитывается более 600 тыс. жилых построек. Пожары оказывают разрушительное воздействие на древостой, вызывают повреждение органического слоя почвы и ее эрозию, загрязняют атмосферу и воду продуктами сгорания. Задымление территории от крупных и массовых лесных пожаров дестабилизирует автомобильное, железнодорожное, воздушное и речное сообщение, работу лесного сектора экономики, вызывает у людей различные аллергические реакции, заболевания органов дыхания и т.п.

Разнообразие лесорастительных и погодных условий приводит к большим различиям по виду, интенсивности и скорости горения лесных горючих материалов, что в свою очередь вызывает различный характер распространения лесных пожаров. Принято выделять низовые пожары (95...97 % от общего количества), верховые (1...5 %) и подземные (торфяные) (примерно 1 %).

В соответствии с Приказом Рослесхоза от 03.04.1998 № 53 [1] выделяются низовые беглые, низовые устойчивые, почвенные (почвенно-торфяные) и верховые лесные пожары слабой, средней и сильной интенсивности. Признаками вида пожара и его интенсивности являются сгоревший горючий материал, высота нагара на стволах, скорость распространения и высота пламени, сгоревший запас лесного горючего материала (ЛГМ).

Для определения интенсивности горения кромки лесного низового пожара в мировой практике чаще всего используется формула И.М. Байрама [2]:

$$I = MQv, \quad (1)$$

где I – интенсивность пожара, Дж/с м;

M – запас горючего, кг/м²;

Q – теплотворная способность горючего, Дж/кг;

v – скорость распространения кромки пожара, м/с.

Таким образом, для определения интенсивности лесного низового пожара необходимы данные о запасе ЛГМ, его теплотворной способности и скорости распространения кромки.

Анализ данных по основным группам типов леса выявил зависимость запаса напочвенного горючего материала от среднего возраста деревьев преобладающей породы – коэффициент корреляции r по основным группам типов леса варьируется от 0,58 до 0,93 [3].

Зависимость запаса ЛГМ от среднего возраста выражается следующими уравнениями (формулы 2-6):

а) для зеленомошных типов леса:

$$m = \frac{1}{0,03 + 1/w}, \quad (2)$$

где m – масса ЛГМ в абсолютно-сухом состоянии, т/га;

w – средний возраст деревьев преобладающей породы, лет.

б) для осочковоразнотравных и травяноболотных типов леса:

$$m = \frac{1}{0,02 + 1,25/w}; \quad (3)$$

в) для кустарниковых типов леса:

$$m = \frac{1}{0,02 + 1,13/w}; \quad (4)$$

г) для крупнотравных типов леса:

$$m = 16,33(1 - e^{-0,1w}); \quad (5)$$

д) для мертвопокровных типов леса:

$$m = 1,26w^{0,73}. \quad (6)$$

Для упрощения расчетов можно использовать графическое выражение данных зависимостей (рисунок).

Однако при пожарах чаще всего сгорает не весь горючий материал. В соответствии с Приказом Рослесхоза от 03.04.1998 № 53 [1] при низовых беглых пожарах при I-II классах пожарной опасности по условиям погоды сгорает до 0,3 кг/м², при III - 0,3-0,5 кг/м², при IV-V классах более 0,5 кг/м², при низовых устойчивых пожарах и высокой пожарной опасности по условиям погоды может сгорать весь запас ЛГМ вплоть до минерального слоя почвы.

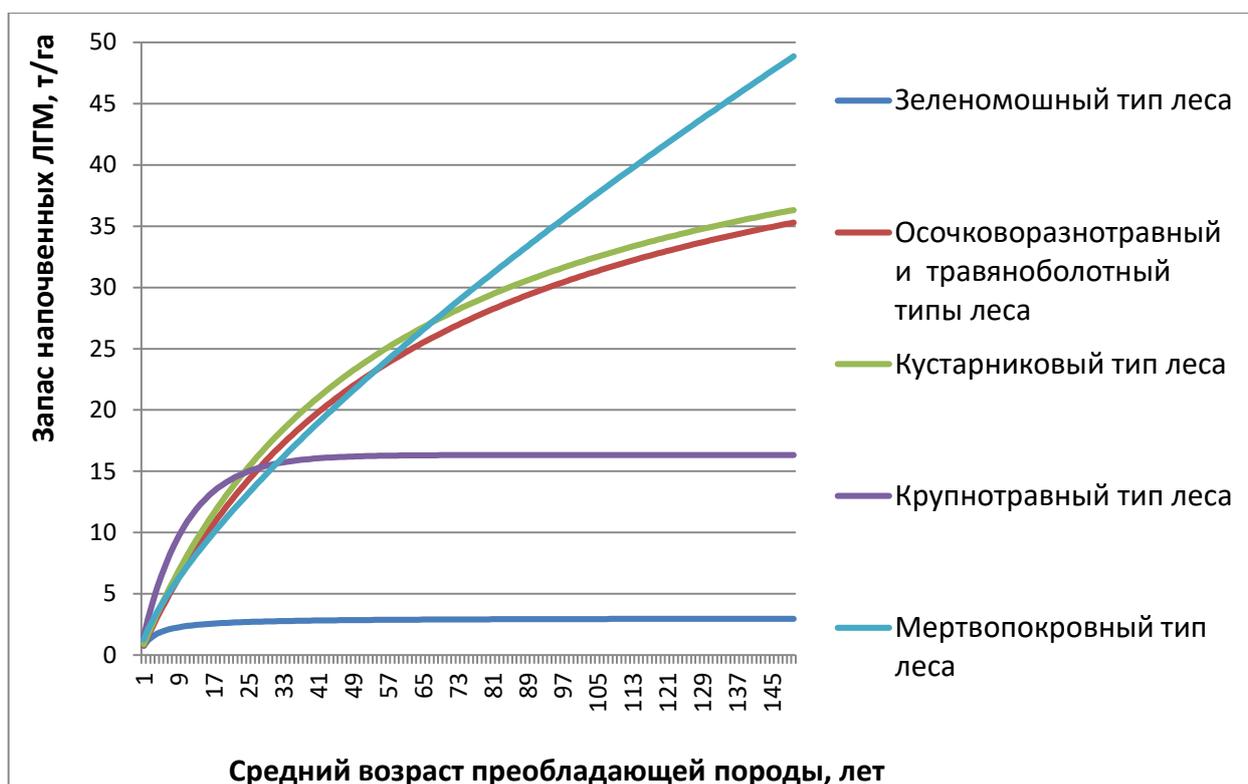


Рисунок - Запасы напочвенных лесных горючих материалов в разных типах леса в зависимости от возраста преобладающей древесной породы

В работе [6] указаны экспериментальные данные о количестве ЛГМ, сгорающем при выжигании вырубков при различных классах пожарной опасности по условиям погоды. При проведении простых расчетов и некоторых допущениях можно предположить, что при I-II классах пожарной опасности по условиям погоды сгорает примерно 50% ЛГМ, при III - 65%, при IV-V классах 75%.

Теплотворная способность основных видов ЛГМ известна [2; 4; 5] и варьируется в небольших пределах: от 17400 кДж/кг у лишайников до 21350 кДж/кг у хвои сосны, или $19375 \pm 10\%$.

Скорость распространения кромки лесного пожара зависит от температуры и влажности воздуха, солнечной радиации, крутизны склона, но главным образом от скорости ветра [7]. Коэффициенты влияния ветра на скорость кромки приведены в таблице.

Таблица – Влияние ветра на скорость распространения кромки низового лесного пожара

Скорость ветра, м/с	Коэффициенты при распространении горения:		
	по ветру	против ветра	поперек ветра
0	1	1	1
0,2	1,2	0,9	1,1
0,4	1,4	0,8	1,2
0,6	1,8	0,7	1,3
0,8	2,1	0,6	1,4
1	2,6	0,6	1,5
1,2	3,3	0,6	1,7
1,4	4	0,6	1,9
1,6	4,9	0,6	2,2
1,8	5,9	0,6	2,5
2	7	0,7	2,8
2,5	10	0,7	3,7
3	13	0,7	4,7

Данную зависимость также можно выразить следующими уравнениями [8]:

а) распространение кромки по ветру

$$K = (0,8 + 0,9V_{ветра})^2, \quad (7)$$

где K - коэффициент влияния ветра на скорость распространения кромки лесного низового пожара;

$V_{ветра}$ - скорость ветра, м/с.

б) поперек ветра

$$K = (0,9 + 0,4V_{ветра})^2; \quad (8)$$

в) против ветра коэффициент $K=0,7$.

Иванова Г.А. [4] в зависимости от теплоты сгорания горючего материала предлагает выделять пожары низкой интенсивности - до 2000 кВт/м, средней - от 2000 до 4000 кВт/м и высокой интенсивности - более 4000 кВт/м.

На основании выполненных с использованием изученных данных расчетов интенсивности низовых пожаров в разных типах леса разного возраста можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее пожароопасными лесными насаждениями являются мертвопокровные типы вследствие большого постоянно растущего запаса ЛГМ из-за опада хвои и веток. В этих лесах уже в 80-летнем возрасте при III классе пожарной опасности по условиям погоды возможны пожары высокой интенсивности.

2. К наименее пожароопасным насаждениям можно отнести зеленомошные типы леса, т.к. накопленный в раннем возрасте запас горючего материала с возрастом практически не увеличивается, поэтому пожары даже при IV и V классах пожарной опасности по условиям погоды распространяются с низкой интенсивностью. В крупнотравных типах леса основной запас ЛГМ также накапливается уже в молодом возрасте. Однако, в отличие от зеленомошных лесов, здесь вследствие большего запаса горючих материалов при высокой пожарной опасности по условиям погоды возможны пожары средней интенсивности.

3. Кустарниковые, осочковоразнотравные и травяноболотные типы леса наиболее пожароопасны при достижении 90-100-летнего возраста и старше, т.к. за это время накапливается запас ЛГМ, достаточный для распространения пожаров с высокой интенсивностью при IV и V классах пожарной опасности по условиям погоды.

Список использованных источников:

1. Приказ Рослесхоза от 03.04.1998 № 53 «Об утверждении инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами». Основные признаки для определения вида лесного пожара и его интенсивности.

2. Иванов, В.А. Лесные горючие материалы и пожароопасность насаждений Сибири. Справочник учебный / Иванов В.А., Иванова Г.А., Москальченко С.А., Коршунов Н.А. - Красноярск: СибГТУ. 2017. – 93 с.

3. Андреев, Ю.А. Оценка запаса лесных горючих материалов при государственной инвентаризации лесов / Андреев Ю.А., Андреев А.Ю., Михайлов П.В., Паутяк В.Г., Коморовский В.С. // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПб. – 2015. - № 1. – С. 39-46.

4. Иванова, Г. А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: дис. ... д-ра биол. наук / Г. А. Иванова. – Красноярск, 2005. – 405 с.

5. Смирнов, А.П. Лесная пирология: Учебное пособие. / Смирнов А.П., Мельников Е.С. - СПб: СПб ГЛТА, 2006. - 60 с.

6. Валендик, Э.Н. Контролируемые выжигания на вырубках в горных лесах / Валендик, Э.Н., Векшин В.Н., Иванова Г.А., Кисляхов Е.К., Перевозникова В.Д., Брюханов А.В., Бычков В.А., Верховец С.В. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 2001. – 172 с.

7. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. - М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. - 97 с.

8. Андреев, Ю.А. Результаты оценки лесопожарных рисков как основа планирования противопожарных мероприятий / Андреев Ю.А., Андреев А.Ю., Амельчугов С.П., Груманс В.М. // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПб. – 2014. - № 4. – С. 59-70.

Метод проектирования сценариев действий в опасных ситуациях

В.В. Ничепорчук¹, А.В. Яровой², Н.Л. Кожемякин²

*¹Институт вычислительного моделирования –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН*

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Введение

Практика использования методов ситуационного моделирования для обеспечения безопасности территорий насчитывает более четверти века [1]. Программная реализация простейшей методики оценки последствий химической аварии [2], встроенная в большинство информационно-управляющих систем, используется как для поддержки принятия решений в режиме ЧС, так и для зонирования территорий по степени риска [3]. Однако рассчитать последствия биолого-социальных происшествий и большинства видов природных и техногенных ЧС крайне затруднительно. Решения по реагированию до получения уточнённых данных разведки приходится принимать на основе первичной информации о событии, данных оперативного мониторинга и паспортов территорий. Несмотря на усилия по внедрению АИУС РСЧС существует дефицит достоверных данных и потенциал снижения затрат на поиск и систематизацию данных. Повысить эффективность управления возможно за счёт преодоления фрагментарности и слабой структурированности имеющихся информационных ресурсов, а также практики применения в процессах управления узкоспециализированных программ и сервисов. Снизить неопределённость информации, позволяет применение методов аналитической обработки данных, геоинформационных и веб-технологий [4, 5]. На основе этих технологий целесообразно создание сервисов автоматизированной актуализации данных, использующих как встроенные, так и внешние расчётные модули. Это позволит формировать более целостные решения с учётом уровней управления и специфики организаций, проводящих мероприятия по ликвидации ЧС и их последствий, по защите и жизнеобеспечению населения и территорий. Систематизация структуры решений по оперативному управлению в ЧС позволяет предварительно сформированные экспертами возможные сценарии опасных ситуаций.

Решению задач формализации процессов принятия решений в чрезвычайных ситуациях посвящено значительное количество работ. И.У. Ямалов на примере реагирования на химические аварии предлагает использование нечётких когнитивных карт [6]. Монография сотрудников Института системного анализа РАН [7] описывает подходы к использованию знаний для построения экспертных диагностических систем реального времени на примере атомных станций. В работах В.В. Кульбы с соавторами [8, 9] предложено описание моделей развития ЧС с использованием сетей Петри, причём акцент сделан на организацию работ по ликвидации крайне редких трансграничных катастроф.

Перечисленные методологии содержат сложный математических аппарат, а для формализации опасных ситуаций требуется высокая квалификация экспертов. Сложность теоретического описания ЧС, а также избыточность отчётной информации об уже произошедших событиях затрудняют извлечение опыта управления и формирование единого ресурса сценариев реагирования.

В работе предложен метод проектирования сценариев действий в опасных ситуациях, позволяющий визуализировать процесс ликвидации ЧС, проведения мероприятий защиты с использованием современных информационных технологий сбора и обработки данных.

Использование ситуационного моделирования для управления безопасностью территорий

Ситуационным моделированием будем считать информационный процесс формирования решений, включающий моделирование пространственных характеристик и динамики неблагоприятных факторов опасного события O_1 ; возможных последствий, определяемых воздействием O_1 на защищаемые объекты O_2 ; картографическую визуализацию ситуации M ; формирование рекомендаций по ликвидации последствий и проведению мероприятий защиты W , задействованию формирований O_3 и использованию ресурсов R .

На Рисунке 1 перечисленные элементы и их отношения представлены в виде онтологии.

Опишем характеристику связей между элементами онтологии.

Реализация опасностей O_1 приводит к изменению характеристик защищаемых объектов O_2 (связь 1). В зависимости от вида и масштаба ситуации выбирается перечень мероприятий по ликвидации ситуации и её последствий (2), защите населения, инфраструктуры и пр. (3), а также формирования для выполнения работ (4). Далее выполняется оценка

потребностей в ресурсах и способы их доставки (5). На оперативной карте отображаются: границы зоны ЧС и последствия ситуации (6), дислокация формирований (7) и необходимых ресурсов (9). Ход работ (8), не связанный со значительным перемещением техники, целесообразно отображать на крупномасштабных планах объектов. На картах местности отображаются маршруты эвакуации, логистические схемы перемещения техники и материальных ресурсов.

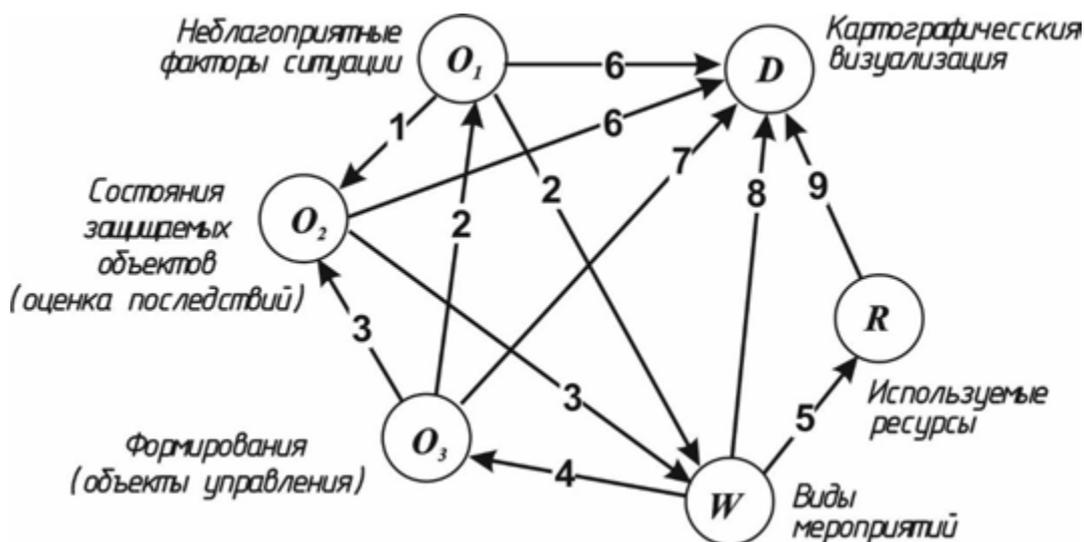


Рисунок 1 – Онтология результатов ситуационного моделирования

При формировании решений для видов ситуаций, не имеющих методик расчёта неблагоприятных (поражающих) факторов, необходимо учитывать неопределённость оценок масштаба последствий (1) и предусматривать избыточность сил и средств реагирования. Вместо зоны ЧС на карте отображается результат геопозиционирования ситуации, а остальные тематические слои не изменяются.

Объём и содержание информации, предоставляемой ЛПР информационно-аналитическими системами, зависит от многих факторов. Степень детализации решений зависит от места возникновения (например, различие мегаполиса и арктической зоны), масштаба последствий, вероятности эскалации, необходимости организации взаимодействия формирований различных ведомств, количества этапов аварийно-спасательных и других неотложных работ, их длительности, а также уровня принятия решений – от ситуации в целом до отдельных процессов.

Главными требованиями к результатам комплексного ситуационного моделирования являются достоверность,

непротиворечивость и настраиваемая степень детализации. Для достижения этого должен соблюдаться регламент актуализации информационных ресурсов и проводиться тщательный разбор принятых решений в аналогичных ситуациях. Использование технологии ситуационного моделирования в распределённых управляющих системах взаимодействующих ведомств или обеспечение оперативного доступа к результатам оценки ситуации позволяет решить проблемы организации межведомственного информационного обмена, описанные в [10].

Например, в случае химической аварии в населенном пункте необходима чёткая консолидация усилий различных служб по ликвидации аварии (аварийно-спасательных, транспортного обеспечения) и проведению мероприятий защиты (медицинского обеспечения пострадавших, организации питания, временного размещения, психологической помощи и т.п.). При наличии полной информации о ситуации и динамике её развития, планируемых действиях и распределении задач руководители каждой службы принимают решения задачи управления с учётом имеющейся ведомственной информации (в том числе и закрытой) о наличии ресурсов для проведения неотложных работ. По сути, использование достаточного объема данных и применение технологий их обработки и визуализации позволяет сформировать «виртуальную комиссию по ЧС» в первые минуты после поступления сигнала об опасной ситуации.

Информационное взаимодействие в опасных ситуациях больших масштабов показано на Рисунке 2. Согласно [11], органы управления МЧС России координируют принятие решений, реализацию мероприятий, а также осуществляют контроль выполнения законодательства по обеспечению природно-техногенной безопасности территорий.

Такая организация взаимодействия отличается от иерархической схемы построения РСЧС, поскольку способы управления действиями сил и средств отличаются для разных видов ситуаций. Так, органы управления МЧС России обязаны реагировать на все техногенные и бытовые пожары, информацию об обнаружении источников радиационного, химического заражения, взрывоопасных предметов и т.д. К ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте, системах ЖКХ, нефтепроводах привлекаются формирования функциональных звеньев ТП РСЧС. Процессами эвакуации и жизнеобеспечения управляют комиссии и штабы при администрациях территорий. Консолидация всех звеньев требуется для ситуаций больших масштабов.

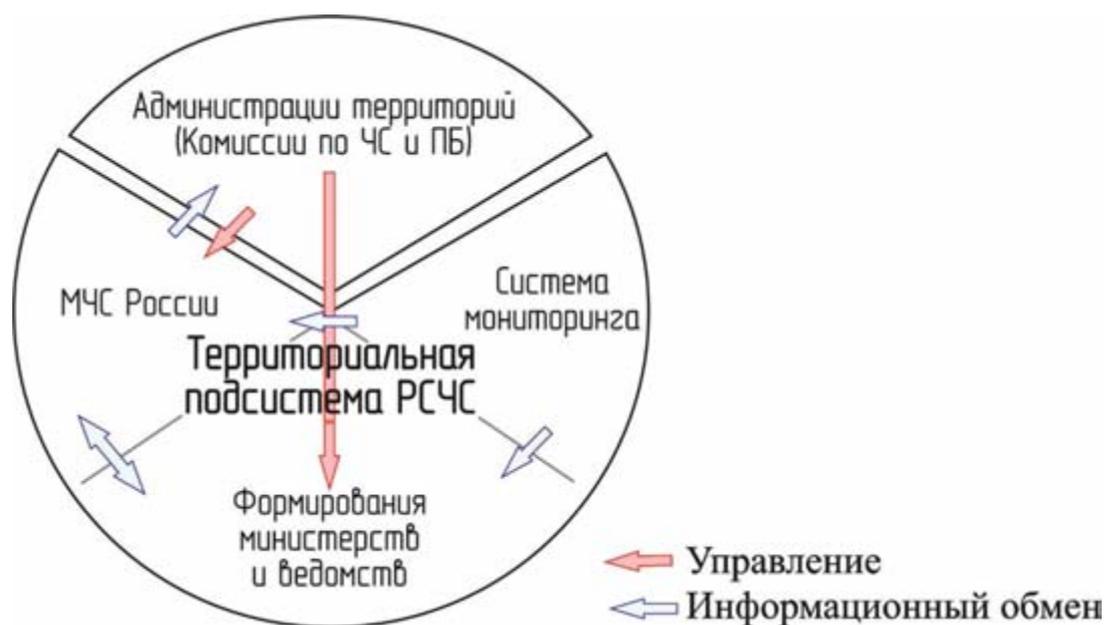


Рисунок 2 – Организация взаимодействия в процессе ликвидации ЧС

Руководствуясь существующими нормативными документами [12] определить масштаб в первые минуты ЧС крайне затруднительно, поскольку не известно точное количество пострадавших, а тем более размер материального ущерба. С точки зрения ситуационного управления важно, какое количество формирований должно быть привлечено к работам по ликвидации опасной ситуации и её последствий, их профиль, подчинённость, возможности. На основании этих характеристик организуется взаимодействие формирований, распределение работ, оценка необходимых ресурсов. Например, распоряжение на реагирование одного формирования может отдать диспетчер оперативной службы, которому для принятия решения требуется незначительный объём информации о месте и характере происшествия. Управление ликвидацией масштабных событий, требующих взаимодействия служб, осуществляется посредством сбора комиссий по ЧС и ПБ соответствующего уровня или оперативных штабов. В этом случае требуется, чтобы результаты работы информационно-аналитических систем содержали таблицы характеристик O_1 , O_2 , O_3 , динамические карты ситуации, рекомендации по проведению мероприятий, а технология ситуационного моделирования позволяла корректировать решения при поступлении новых данных об изменении обстановки.

Целесообразно в ходе принятия решений по экстренному реагированию ориентироваться на самый опасный сценарий,

учитывающий вероятность эскалации действия поражающих факторов на длительное время. Такой сценарий должен содержать несколько вариантов использования формирований, техники и ресурсов – первый, второй эшелоны и резерв [13]. Использование интеллектуальных технологий в управлении позволяет формировать несколько альтернативных решений с возможностью ранжирования их по приоритетам. Объём необходимой информации о характеристиках опасности O_1 , защищаемых объектах O_2 , объектов управления O_3 можно определить из реконструкции произошедших событий.

Графическое представление ситуаций

Сложность процесса формирования и реализации управленческих решений в опасных ситуациях больших масштабов, трудности организации согласованных действий на уровне ведомств и формирований зачастую приводят к увеличению материальных, а иногда и человеческих потерь. При заблаговременном формировании сценариев развития ситуаций и планировании предпочтительных действий с привлечением экспертов разных сфер, возможно выявление слабых мест и неясностей в планировании, которые требуют уточнения. Проработка сценариев ситуаций с учётом влияния всех факторов позволит упорядочить работу территориальных органов управления безопасностью, оперативных групп и др.

Для визуализации процессов ликвидации ситуации и проведения мероприятий защиты используем методологию IDEFx [14]. Представление элемента сценария реагирования (элементарного процесса) при возникновении опасной ситуации показано на Рисунке 3.

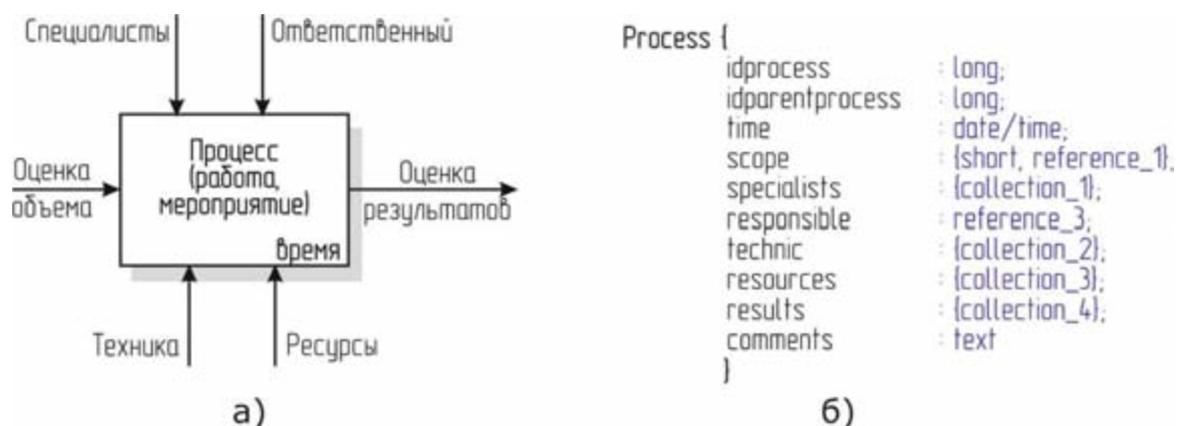


Рисунок 3 – Представление элемента сценария ситуации
а) в графическом виде; б) в виде класса

В левой части Рисунка 3 показано графическое представление элементарного процесса, используемое экспертом при проектировании и верификации сценария. Начальный объём выполнения работ (краткая формулировка задания) определяется на основе расчётных методик или по данным оперативных групп, работающих на месте ситуации. Количественный результат выполнения процесса задаёт требования к реализации последующих процессов. Верхние стрелки (управление) определяют потребность в количестве и номенклатуре специалистов, задействованных в проведении работ, ответственного за мероприятие, в задачи которого входит контроль хода выполнения, корректировка подпроцессов и информационный обмен с вышестоящим уровнем управления о ходе выполнения работ и потребности в ресурсах. Нижние стрелки (ресурсы) определяют потребность в технике с детализацией до каждой единицы, расходных материалах, восполнение которых также можно представить в виде отдельного процесса. Примерное время выполнения основного процесса позволяет планировать решения по ротации формирований, определять объём необходимых ресурсов, начало выполнения следующего процесса, порядок контроля выполнения работ и другие важные для управления характеристики.

В правой части Рисунка 3 б) показано представление процесса в виде класса переменных. Переменные `idprocess`, `idparentprocess` определяют положение процесса в общей схеме управления реагированием на опасную ситуацию, `comments` используется для хранения текстовых комментариев экспертов. Для означивания полей `score` и `responsible` используются справочники и числовые значения. Поля `specialists`, `technic`, `resouces`, `results` представляются массивами данных (коллекции из пар справочник / числовое значение). Перевод графических представлений в программный код можно реализовать с использованием средств Microsoft Visio [15].

Графическое представление сценариев повышает наглядность восприятия управленческих решений в виде последовательности действий по ликвидации ситуации и проведению мероприятий защиты. Возможность декомпозиции процессов позволяет определить объём информации, необходимый и достаточный для каждого уровня управления. Иными словами, такая запись ситуации позволяет сформировать несколько решений для одного сценария с учётом сферы ответственности конкретного лица, принимающего решения.

Метод визуального проектирования упрощает работы по созданию сценариев ситуаций экспертами, а сгенерированные схемы действий могут использоваться для оперативной оценки и принятия решений.

Простота схематического изображения позволяет решить проблемы создания планов действий муниципального уровня в виде набора сценариев для видов ситуаций, характерных для этих территорий. Логические связи баз знаний с информацией о защищаемых объектах O_2 и объектах управления O_3 позволяют контролировать целостность и актуальность информационных ресурсов.

Пример графического представления процесса эвакуации и жизнеобеспечения населения, пострадавшего в результате затопления населённых пунктов, показан на рисунке 4.

Допустим, что в результате моделирования последствий затопления территории (на основе данных разведки) в зоне затопления с уровнем выше критического оказалось некоторое количество объектов. Картографический запрос к атрибутивной информации определил количество проживающих путём выборки из атрибутивной таблицы слоя «Строения». Время поиска и спасения людей определяется величинами факторов, способных повредить или разрушить строения: скоростью подъёма воды, объёмом расхода воды, наличием льда и др. В зависимости запаса времени, наличия ресурсов и масштаба негативных факторов выбирается способ эвакуации: внедорожным автотранспортом, водными средствами, вертолётами.

При затоплении крупных населённых пунктов, часть пострадавших, как правило, размещается у родственников и знакомых. Оставшимся необходимо обеспечить проживание в пунктах временного размещения, питание, медицинскую, психологическую помощь и другие услуги. Объём мероприятий, количество личного состава и техники формирований, расход ресурсов определяется продолжительностью процессов, числом пострадавших, а также другими требованиями нормативных документов [16].

Выборка данных из атрибутивной таблицы слоя «Коммуникации» позволяет определить последствия ситуации для систем жизнеобеспечения и определить мероприятия, приоритет их выполнения, исполнителей и необходимые ресурсы по обеспечению бесперебойного функционирования, восстановлению аварийных участков и др.

Использование графических представлений позволяет реконструировать произошедшие события, визуализировать мероприятия и оценивать эффективность управления и действий участников ликвидации ЧС. Реконструкция событий является удобным способом извлечения опыта управления действиями в опасных ситуациях.

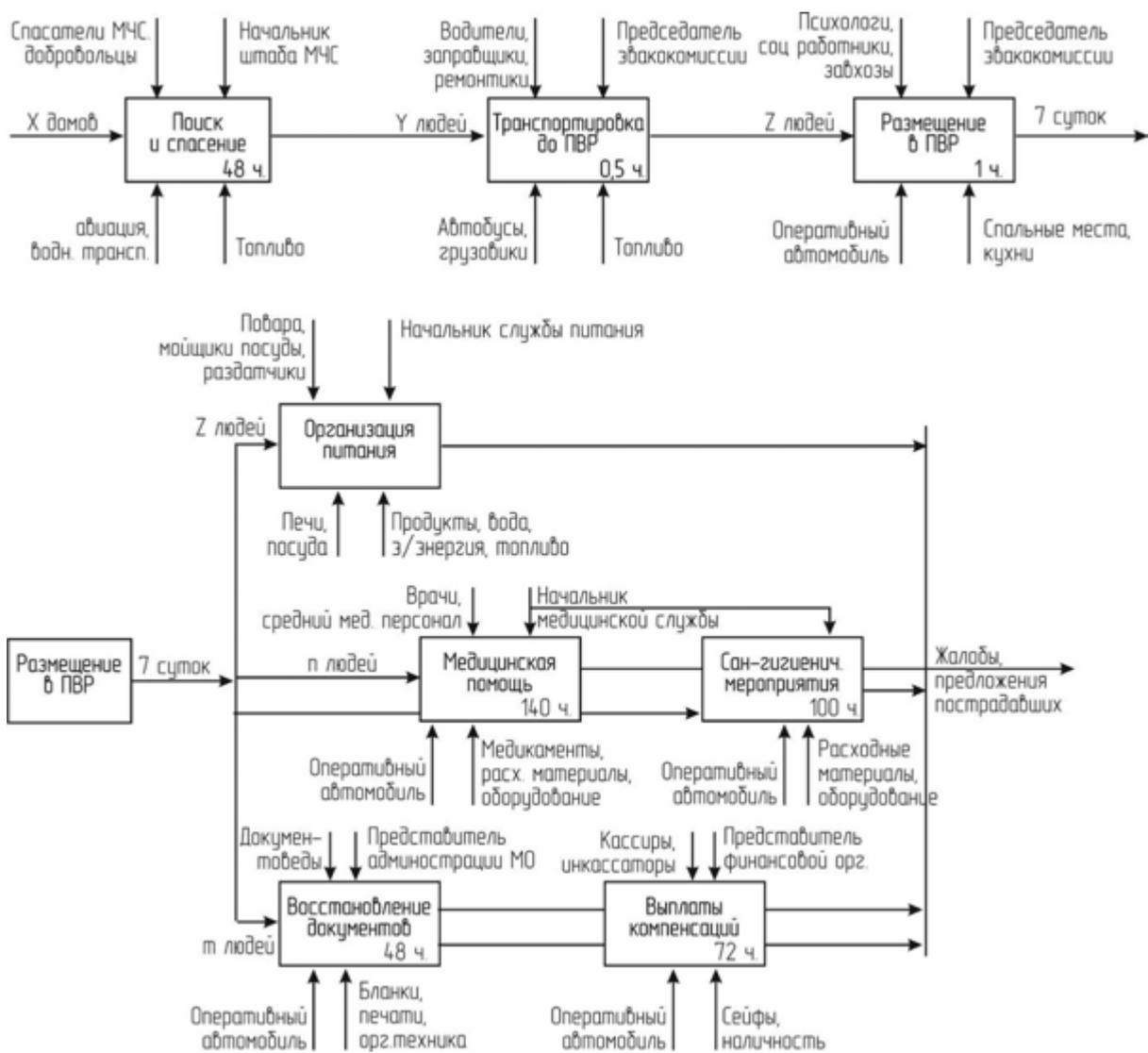


Рисунок 4 – Представление процесса эвакуации

В ситуациях большого масштаба с участием множества формирований различных ведомств, при организации эвакуации населения, выполнении других многоэтапных мероприятий необходимо информационное обеспечение разных лиц, принимающих решения в конкретном подпроцессе (командиры формирований, руководство объекта, муниципального образования и т.д.). Использование заблаговременно разработанных сценариев позволяет оперативно сформировать как целостное представление о ситуации с динамически изменяемой степенью агрегации, так и разделить его на фрагменты с учётом участка (направления) ответственности каждого ЛПР. В зависимости от уровня управления и компетенции ответственных процессы детализируются до момента разрешения всех неопределённостей опасной ситуации.

Сценарий опасной ситуации, разработанный с использованием представленного метода графического проектирования, в интеллектуальной системе преобразуется продукционно-фреймовую модель знаний [17].

Фрейм интегрирует правила базы знаний, определяющих процесс формирования рекомендаций. При формировании рекомендаций экспертная система инициирует работу модулей, согласно порядку процессов, описанному в сценариях. Информация, необходимая для принятия решений, извлекается из хранилищ данных, последствия ЧС моделируются с использованием расчётных методик и ГИС.

При этом каждая стрелка схематического представления сценария представляет собой запрос к таблицам формирований, ресурсов и др., либо вызов программного модуля расчётов / визуализации. При реконструкции произошедшего события указываются конкретные формирования–участники ликвидации ЧС, а при моделировании гипотетических сценариев – состав первого и второго эшелонов, а также резервные формирования [18].

Заключение

Предложен графический метод проектирования сценариев действий в опасных ситуациях, основанный на декомпозиции процессов в виде функциональных диаграмм. Разработана технология ситуационного моделирования опасных событий природного и техногенного характера, позволяющая интегрировать расчётные методики оценки аварийных ситуаций различной сложности, средства аналитической обработки, динамического картографирования, и формирования рекомендаций. Предложенная технология ситуационного моделирования опасных событий реализована в интегрированных информационных системах поддержки управления в Красноярском крае.

Изложенный подход к ситуационному моделированию в перспективе можно использовать при разработке планирующих документов. Интеграция сервисов ситуационного моделирования и информационных систем оперативного комплексного мониторинга опасностей объектов и территорий позволяет повысить эффективность решений по ликвидации ЧС.

Список использованной литературы

1. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности: монография / под общ. ред. П.А. Попова, МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2006. – 272 с.

2. РД 52.04.253-90 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – М.: Росгидромет, 1990.

3. Лепихин А.М., Москвичев В.В., Ничепорчук В.В., Триворнов А.В. Оценка и районирование риска чрезвычайных ситуаций для территории Красноярского края // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2007. – №5. – С. 124-133.

4. Москвичёв В.В., Ничепорчук В.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Фалеев М.И. Информационное обеспечение мониторинга и рисков развития социально-природно-техногенных систем // Проблемы анализа риска, 2018. Т.15. – №2. – С. 56-77.

5. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Архитектура территориальной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь. – 2018, №2. – С. 35-41.

6. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2013. – 288 с.

7. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 304 с.

8. Архипова Н.И., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях. Учеб. пособие. – М.: РГГУ, 2008. – 474 с.

9. Косяченко С.А., Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Шелков А.Б. Модели и методы автоматизации управления в условиях чрезвычайных ситуаций. // Автоматика и телемеханика, №9, 1998. – С. 3-66.

10. Жирков П.А., Иванов А. В., Раевская М.Г. О правовом регулировании функционирования и развития информационно-технологической основы межведомственного информационного взаимодействия // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2017. – №6. – С. 14-25.

11. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. N 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

12. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. N 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

13. Гражданская защита: Энциклопедический словарь (издание третье, переработанное и дополненное); под общей ред. В.А. Пучкова / МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. – 664 с.

14. Калянов Г. Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). Под ред. В. Н. Вагина. – М.: «ЛОРИ», 1996. – 264 с.

15. Малютин О.С., Елфимова М.В., Мельник А.А., Батуро А.Н. Перспективы развития системы ГрафиС как системы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты, 2018. №1(26). – С. 71-79.

16. Буланенков С.А., Воронов С.И., Губченко П.П. и др. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций/ Под общ. ред. М.И. Фалеева. – Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. – 500 с.

17. Морозов Р.В., Ничепорчук В.В. Редактор баз знаний для адаптивного управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова, 2011. – №24. – С. 150-154.

18. Справочное пособие по организации выполнения мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных работ силами и средствами органов государственной власти, органов местного самоуправления в мирное и военное время. МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014. – 625 с.

Постпирогенное восстановление древесно-кустарниковых пород в центральной Сибири на естественных и антропогенно нарушенных лесных участках

А.В. Брюханов, Э.Н. Валендик, Е.К. Кисляхов

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН*

Антропогенные нарушения лесных территорий в Сибири связаны с различными видами хозяйственной деятельности: рекреация, добыча и транспортировка полезных ископаемых и строительство инфраструктурных объектов. Однако наибольшие потери в лесном фонде сибирских регионов происходят из-за лесозаготовок и крупных лесных пожаров. Зачастую именно значительное количество захламлённых вырубок приводят к резкому росту горимости в тайге [1, 2, 3].

Введение

В условиях Сибирского федерального округа (СФО), когда основные экспортные рынки находятся далеко, как на западе, так и на востоке, лесозаготовители стремятся вывозить с лесосек только наиболее экономически ликвидные породы. Прежде всего сосну и лиственницу, реже сибирские ель и кедр и ещё реже пихту. Это обосновано тем, что на сибирский кедр есть определённые ограничения по вырубке, а у ели и особенно у пихты в Сибири зачастую не самая качественная древесина (особенно в перестойном возрасте). Лиственные же породы в СФО (берёзы, осины и тополя) крупные лесозаготовительные холдинг вообще не хотят забирать с лесосек, так как использование данных пород в промышленном лесопилении ещё более ограничено. Но из-за законодательных и технологических вопросов взрослые деревья и этих пород также вырубается и как правило, бросаются на лесосеках повышая в дальнейшем пожарную опасность в лесном фонде.

Если ещё 20-30 лет назад большинство крупных лесозаготовительных компаний в Сибири вывозили заготовленную древесину в «хлыстах» (вместе с вершиной), то теперь она, как и ветви, а также прикомлевая часть деревьев остаются на вырубках. Однако, массовая знаменна ручной валки и валочно-пакетирующих комплексов на технологическую схему «харвестер – форвадер» привело к тому, что количество порубочных остатков сейчас стало примерно в два раза большим, чем это было в конце XX века. На многих лесосеках количество

крупных порубочных остатков увеличилось в среднем с 50 до 100 куб. м/га. Общее количество лесных горючих материалов (ЛГМ) проводников горения зачастую превышает 250 т/га (Рис. 1). В свою очередь это ведет не только к возрастанию уровня пожароопасности, но и значительно затрудняет как естественное, так и искусственное возобновление. Здесь и далее в работе применялась классификация ЛГМ Н.П.Курбатского [4, 5].

Район работ и методика исследований

Естественное возобновление хвойных пород послерубочных поколений на сплошнолесосечных вырубках в Центральной Сибири (Красноярский край) протекает различно. Лесовосстановление за счет подроста предварительной генерации в темнохвойных лесах как правило проблематично. Молодые деревья светлохвойных пород зачастую достаточно хорошо приспособлены как к изменению солнечной инсоляции, так и гидротермических условий [3, 6, 7]. В темнохвойных же лесах в зависимости от технологий заготовки и породного состава сохраняется обычно не более 30% хвойного подроста. При этом большее количество оставляемого тонкомера (молодые деревья) вываливается, особенно часто это явление наблюдается на склонах крутизной более 18-20 градусов.

Также одна из причин достаточно неудовлетворительного возобновления хвойных на бывших лесосеках – наличие в составе древостоя лиственных, которые, обладают свойством вегетативного возобновления и высокими показателями роста. Если начала лесозаготовки в составе древостоя присутствовало хотя бы 10% осины, то независимо от типа зарастания живого напочвенного покрова и количества подроста других древесных растений до рубки, осина будет занимать лидирующее положение [1, 2, 9]. В этом случае лесовосстановление вырубленного участка протекает со сменой пород.

Наблюдения многих отечественных учёных показывают, что создание лесных культур или же оставление их под естественное зарастание на значительно захламленных вырубках связано с очень высоким риском их гибели, особенно в первые два-три десятилетия жизни. Для бореальных лесов хвойные молодняки сами по себе являются одними из самых пожароопасных насаждений и это значительно усугубляется, когда они растут на сильно захламлённых площадях.

Большое количество всходов лиственных на вырубках обусловлено не только повсеместным присутствием (не менее 5%) осины и березы в составе древостоя темнохвойных лесов, но и наличием всхожих семян березы в почвенном банке [8]. Численность подроста осины на через год

после лесосечных работ при средней высоте 90-100 см достигает 1-6 тыс. шт/га, и уже в первый год доля лиственных составляет практически половину от всего возобновления. С увеличением давности рубки доля лиственного подроста в составе естественного возобновления может достигать 70%. Доля пихты, наиболее представленной в составе хвойного подроста, на вырубках всех типов леса в среднем составляет 30-35%.

Благодаря серии экспериментальных контролируемых выжиганий в Манском и Маганском лесничествах Красноярского края, проведённых в 1998-2000 г. на сплошнолесосечных вырубках специалистами ИЛ СО РАН, были заложены уникальные пробные площади по оценке пирогенного воздействия на послепожарное восстановление на антропогенно нарушенных лесных площадях [2, 9].

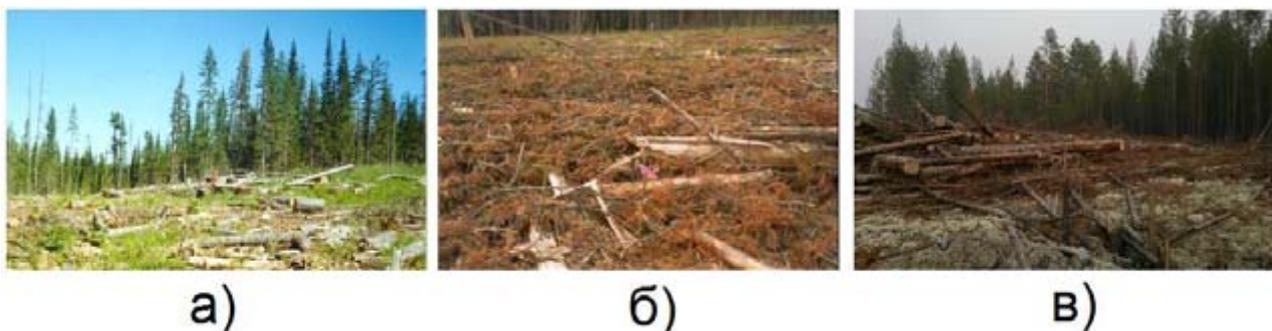


Рисунок 1 - Примеры захламлённых вырубок в лесном фонде Красноярского края.

- а) Манское лесничество: ручная валка + трелёвщик,*
- б) Большемуртинское лесничество: валочно-пакетирующая машина + трелёвщик*
- в) Енисейское лесничество: харвестер + форвадер*

Данные исследования позволили на практике проверить гипотезу о том, что профессиональное использования огня в лесохозяйственных целях позволяет не только значительно снизить природную пожарную опасность на очищенных огневым способом вырубках в горных темнохвойных лесах, но и существенно улучшить условия лесовосстановления (как естественного, так и искусственного) прежде всего за счёт изменения веникового типа зарастания на кипрейно-паловый. Пример подобной послепожарной сукцессионной динамики показан на примере одного из экспериментальных участков на рис. 2 (сжигание порубочных остатков на вырубке в 1998 г.)



Динамика зарастания вырубki после контролируемого выжигания порубочных остатков методом сплошного пала



в год выжигания



через 2 года



через 15 лет



через 1 год



через 5 лет



через 20 лет

Рисунок 2 - Послепожарная сукцессионная динамика зарастания свежей сплошной вырубki в пихтово-еловом лесу после контролируемого выжигания 1998 г.

В течение первых двадцати лет ни одна из очищенных огнем способом лесосека не была пройдена пожаром повторно. Во многом это было обусловлено тем, что, во-первых, на вырубках первые 10-15 лет доминировал кипрейно-паловый тип зарастания (на некоторых участках и после 20-ти лет его доля покрытия была значительна). А во-вторых тем, что на очищенных лесосеках был существенно сокращен объем проводников горения, наиболее опасный в пожарном отношении (рис. 3) [1, 2, 9]. При правильном подборе погодных условий и организации контролируемого пала, полнота сгорания проводников горения первой группы может достигать 79%, второй группы – 61%, и третьей группы 79%

(при диаметрах ЛГМ 0,7-2,5 см), 67% (при диаметрах ЛГМ 2,5-7,5) и 31% (при диаметрах ЛГМ > 7,5 см).



Рисунок 3 - Свежая вырубка вовремя и после проведения контролируемого выжигания. При огневой очистке лесосек методом сплошного пала удаётся значительно снизить запас наиболее пожароопасных ЛГМ: лесной подстилки, лесного опада и тонких порубочных остатков диаметром до 2,5 см.

Обсуждение результатов

Полученные исследования показали, что в целом количество хвойного благонадёжного самосева и подроста на вырубках по окончании 20 лет наблюдений остается на достаточно высоком уровне (Рис. 4). Его количество на пройденных огнем площадях (около 15 тыс. шт./га – средняя формула 3С2К2Е2П1Л) превышает его количество на невыжженных участках вырубки (около 7 тыс. шт./га - 3С3Е2К2П), а также на приграничных лесных пробных площадях (около 5 тыс. шт./га – 3П3Е2К2С). Это обусловлено прежде всего тем, что на невыжженных пробных площадях образовались значительно задернённые злаковыми травами (прежде всего вейниковыми) сообщества, а под пологом окружающих лесных участков доминирует мощная моховое покрытие (из зелёных мхов и сфагнума). На выжженных площадях через 20 лет доминировали разнотравные и кипрейно-разнотравный типы травянистой растительности. Доля всходов, самосева и подроста лиственных пород как на вырубках, так и под пологом леса была более существенным и варьировал от 15 до 27 тыс. шт./га.

В целом можно отметить, что изначальная гипотеза о том, что контролируемые выжигания порубочных остатков на свежих лесосеках будут способствовать лесовозобновлению хвойных пород подтвердилась. Количество хвойных всходов и самосева на пройденных

огнем участках оказалось выше примерно в 2,5 раза больше чем под пологом леса и на не выжженных частях вырубок, а количество подроста соответственно было выше в 1,7 и 3,6 раза. В дальнейшем в силу меньшей приспособляемости темнохвойных пород (особенно пихты сибирской) к воздействию значительной солнечной радиации, большее количество всходов и самосева гибнет от ожогов хвои или же повреждается грызунами в зимнее время, т.к. травянистые типы зарастания для большинства мышевидных являются более предпочтительными по сравнению с зеленомошным.

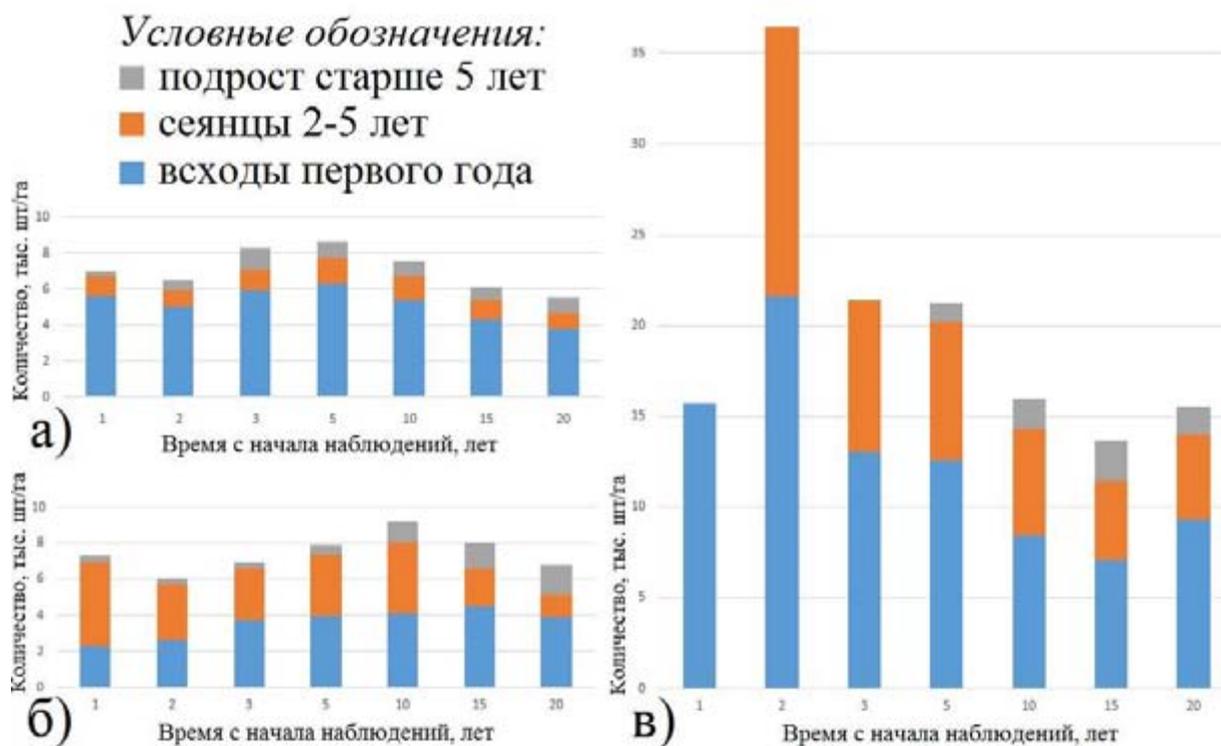


Рисунок 4 - Средние значения количества хвойного благонадёжного возобновления на пробных площадях:

- а) под пологом приграничных к вырубке леса;*
- б) вырубки контроль (не выжженные участки);*
- в) после контролируемых выжиганий*

По результатам проведенных исследований, можно констатировать, что для темнохвойных горных лесов возможно рекомендовать очистку свежих сплошнолесосечных вырубок методом сплошного пала для обеспечения более благоприятных условий лесовосстановления. Однако следует понимать, что пирогенное удаление части порубочных остатков и подстилки не поможет обойти возобновление через смену пород (берёзы и осина), за счет значительного увеличения доли хвойного подроста. Положительный эффект будет сказываться прежде всего

за счет снижения затрат на искусственное и содействие естественному возобновлению, а также из-за понижения общего уровня природной пожарной опасности на очищенных огнем способом вырубках.

Список использованных источников

1. Валендик Э.Н., Векшин В.Н., Верховец С.В., Забелин А.И., Иванова Г.А., Кисляхов Е.К. Управляемый огонь на вырубках в темнохвойных лесах. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. – 209 с.

2. Валендик Э.Н., Векшин В.Н., Иванова Г.А., Кисляхов Е.К., Перевозникова В.Д., Брюханов А.В., Бычков В.А., Верховец С.В. Контролируемые выжигания на вырубках в горных лесах – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 172 с.

3. Молчанов А.А. Влияние лесных пожаров на древостои//Тр. Ин-та леса АН СССР, 1954, Т. 16, – С. 314-335.

4. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов. // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. – С. 5-58.

5. Баранов Н.М., Евдокименко М.Д., Курбатский Н.П. О методике определения запасов лесных горючих материалов. // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1974. – С. 149-166.

6. Иванова Г.А. Зонально – экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: Автореферат диссертации доктора биологических наук / Г.А. Иванова. – Красноярск, 2005. – 40 с.

7. Буряк Л.В. Лесообразовательный процесс в нарушенных пожарами светлохвойных насаждениях юга Сибири: Автореферат диссертации доктора с.-х. наук / Л.В. Буряк. – Красноярск, 2015. – 37 с.

8. Перевозникова В.Д. Содержание жизнеспособных семян в почвах коренных и нарушенных биогеоценозов Среднего Приангарья. // Экология, – 1994. – № 4, – С. 25-32.

9. Брюханов А.В. Экологическая обусловленность пожарной опасности на вырубках в горных темнохвойных лесах Восточного Саяна. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. (на правах рукописи) – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2001. – 25 с.

Методика расчётов оборудования для борьбы с природными пожарами, конструкция и расчёты эффективности применения

С.Н. Орловский¹, А.И. Карнаухов²

¹ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет

²ФГБОУ ВО Сибирский государственный аэрокосмический университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва

Проблема борьбы с лесными пожарами является одной из наиболее актуальных в лесном хозяйстве России. Ориентация в борьбе с лесными пожарами на механическое наращивание количества тяжёлых гусеничных тракторов с плугами, ёмкостями для воды и бульдозерным оборудованием, а также пожарные автоцистерны и вездеходы не обеспечивает выполнения поставленной задачи [1, 2]. Прибытие гусеничных агрегатов к очагу горения на расстояние в десятки километров сдерживается их низкими транспортными скоростями. Это приводит к переходу пожаров в категорию крупных, для тушения которых нужны уже не бригада лесников, а мобилизация сил районов и десятки дней тяжёлого труда, а в худшем случае - просто ожидание дождей.

Необходим поиск путей тушения лесных пожаров на основе применения высокопроизводительных, энергосберегающих, экономически выгодных технологий. Для этой цели нужны многофункциональные, недорогие, эффективные средства механизации, обеспечивающие тушение пожаров в начальной стадии их развития. Для лесорастительных условий Сибири это лесопожарные агрегаты на базе лёгких колёсных тракторов, которые позволяют повысить эффективность работ по борьбе с лесными пожарами [3].

Целью работы является методика расчётов оптимальных параметров лесопожарных агрегатов на стадии проектирования на примере агрегата на базе самоходного шасси ВТ-30 СШ для высокопроизводительного тушения лесных пожаров (прокладки минерализованных опорных полос, водяного тушения, доставки лесопожарного оборудования и инвентаря к месту лесного пожара). Прокладка опорных минерализованных полос с последующим отжигом является эффективной и наименее энергоёмкой технологией при тушении лесных пожаров. Возможно применение орудия для решения задач гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, а именно спасения лесных посёлков от пожаров.

За последние 20 лет нагрузки по площади на одного лесного пожарного увеличились на 90 %, что привело к увеличению выгоревших лесных площадей на 253 % и количества крупных лесных пожаров на 385 % [2].

Для прокладки опорных полос перспективно использование торцовых фрез с осью вращения, параллельной продольной оси трактора, вырезающих в лесных почвах сегментную канавку и минерализующих прилегающую к ней полосу экскавированным грунтом [2, 4]. На рис. 1 представлен агрегат лесопожарный колёсный АЛК – 25. Недостаток- отсутствие запаса воды.



Рисунок 1 - АЛК – 25 на базе трактора Т – 25А.

В данной работе рассматривается: - разработка общей компоновки лесопожарного агрегата на базе самоходного шасси ВТ-30 СШ;

- расчёт торцевой фрезы к ВТ-30 СШ для достижения минимальных значений энергоёмкости технологического процесса;

- создание агрегата, который может перевозиться в фюзеляже вертолётов типа МИ – 8 или МИ – 17 вместе с членами бригады лесных пожарных.

В авиалесоохране для прокладки опорных полос используют взрывчатые материалы в виде шланговых зарядов. Производительность прокладки опорных полос с использованием взрывчатых материалов составляет 120 –150 м/ч на одного рабочего, выполнение опорных полос с использованием лопат – 30 – 50 м/ч. Производительность агрегата на прокладке опорных полос за один час сменного времени 1,53 км.

Технико-экономический расчет показал целесообразность внедрения лесопожарного агрегата для прокладки опорных полос на базе самоходного шасси ВТ-30 СШ. Экономия затрат на тушение пожаров в год составит 1008 тыс. руб. Срок окупаемости проектного орудия 0,5 года.

Окружная скорость торцовых фрез для прорезания лесных почв принята 8 м/с по критерию минимума энергоёмкости. Скорость движения 1.53 км/ч по технической характеристике базовой машины. Цель расчётов – определение затрат мощности на прокладку опорных минерализованных полос в лесных почвах на стадии проектирования аналитическим методом и проектирование на основе полученных данных рабочего органа полосопрокладывателя.

Для условий работы торцовой фрезы удельная работа e_{Σ} может быть представлена в виде суммы:

- затрат энергии на преодоления упругих сил резания грунта и подстилки;
- преодоления сопротивления вязкопластического течения продуктов резания при прохождении ножом дуги контакта с разрабатываемой средой;
- прорезания древесных включений (корней и валежа);
- сообщение кинетической энергии продуктам резания;
- преодоление трения в трансмиссии привода рабочего органа орудия;
- усилия буксирования орудия по опорной поверхности;
- самопередвижение базового трактора.

Баланс затрат мощности на прокладку опорных полос в лесных почвах по элементам технологического процесса представлен на диаграмме (рис. 2).

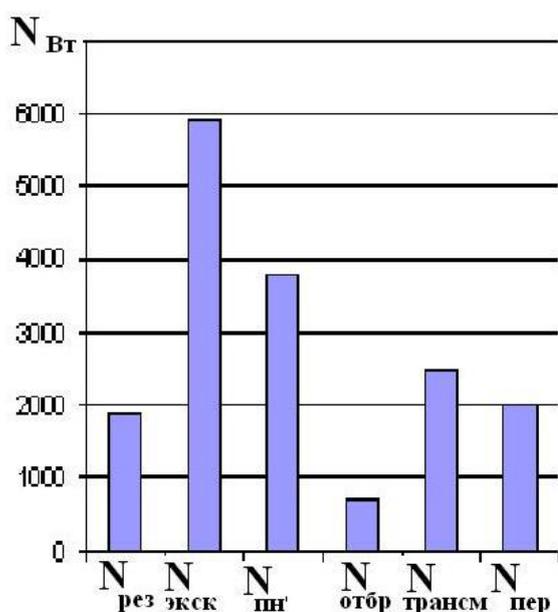
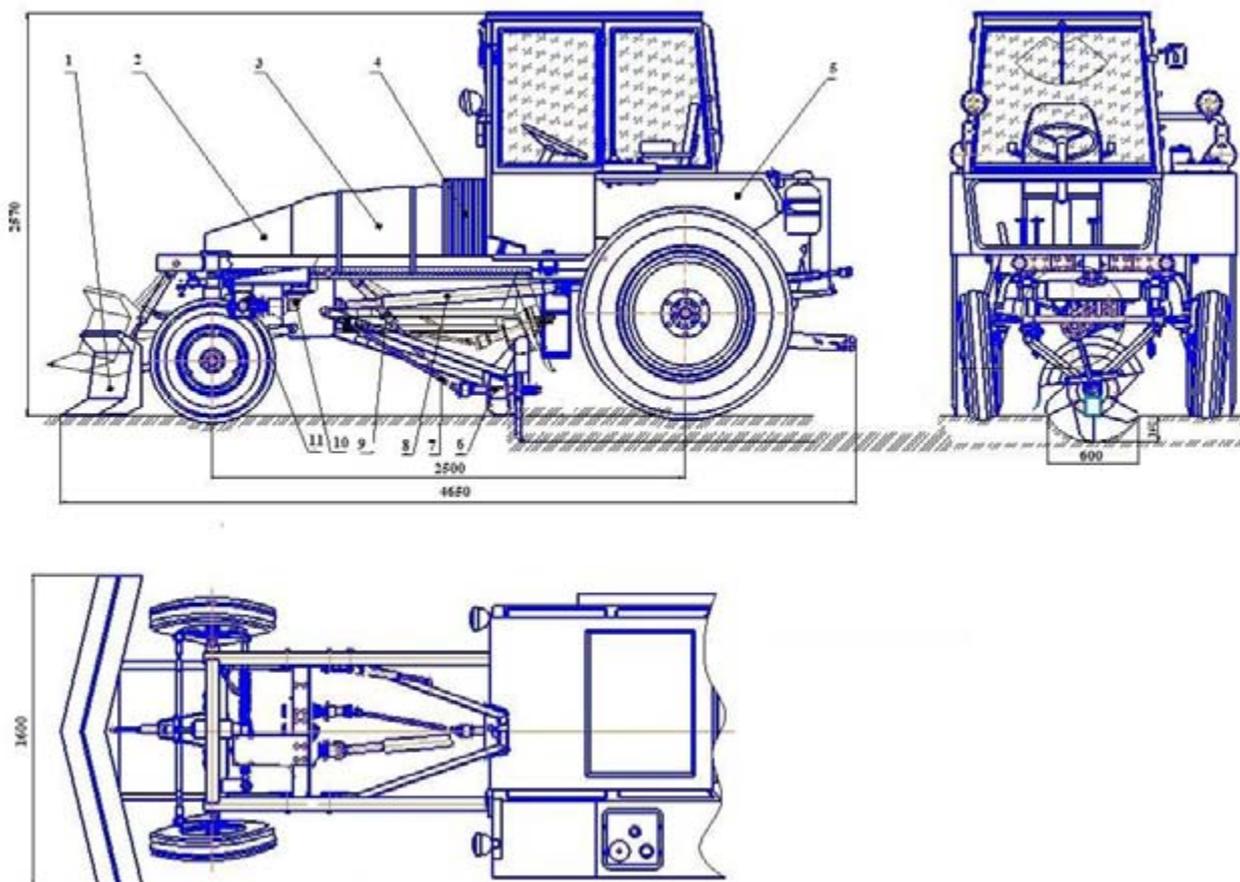


Рисунок 2 – Диаграмма баланса затрат мощности на прокладку опорных полос в лесных почвах торцовой фрезой

Суммарные затраты мощности на выполнение орудием технологического процесса по всем расчётным вариантам составляют 14387,94 Вт или 14,5 кВт. Коэффициент загрузки двигателя шасси равен 0,54. Повышению коэффициента загрузки препятствует скоростной ряд коробки передач самоходного шасси.

Для использования лесопожарного агрегата при его вертолётной доставке к месту лесного пожара штатная кабина демонтируется и заменяется шестистоечным силовым защитным каркасом с покрытием сверху из гофрированного железа толщиной 4 мм. Рассчитанный диаметр трубы будет выдерживать нагрузку возможно падающего на кабину дерева при движении трактора по лесу.

Компоновка агрегата представлена на рис. 3.



1-клин-толкатель, 2 – отсек для лесопожарного оборудования,
 3 – бак для воды 600 литров, 4 – шланговая катушка,
 5 – самоходное шасси, 6 – фреза, 7 – привод фрезы,
 8 – карданный вал привода редуктора,
 9 – гидроцилиндр подъёма фрезы, 10 – насос НШН-600.
 Рисунок 3 – Агрегат лесопожарный на базе ВТЗ-30 СШ

Заключение

Борьба с лесными пожарами является на сегодняшний день одной из важнейших задач Российской Федерации. Низкий уровень технической оснащённости лесной охраны осложняет тушение лесных пожаров. Для оперативного тушения лесных пожаров МЧС необходимо иметь машины и орудия, которые могут быть доставлены к очагу горения, пока пожар возможно потушить. Необходима разработка новых недорогих высокопроизводительных и малоэнергоёмких машин для тушения лесных пожаров.

Создание проектируемого орудия позволит применить малозатратных технологии тушения лесных пожаров на различных стадиях их развития. Оно позволит организовать тушение лесных пожаров с минимальными экологическими нарушениями окружающей среды, снизить размеры наносимого лесными пожарами ущерба.

Список использованных источников

1. Орловский С.Н. Борьба с лесными, степными и торфяными пожарами (Монография)/ С.Н. Орловский// Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2016.-299 с.

2. Карнаухов А.И. Лесопожарные агрегаты с торцовой фрезой. Концепция энергосбережения. Монография для студентов, преподавателей и научных работников технических вузов / А.И. Карнаухов. _ Красноярск: СибГТУ, 2011. – 220 с.

3. Орловский С.Н. Воронов С. П., Владышевский А. Д. Тушение лесных пожаров силами военизированных формирований МЧС./ С.Н. Орловский, С. П. Воронов, А. Д. Владышевский//Природные пожары: возникновение, распространение, тушение и экологические последствия. Труды международной конференции. Тезисы докл. Красноярск, 2003.

4. Орловский С.Н. Проектирование машин и оборудования для садово – паркового и ландшафтного строительства Красноярск, СибГТУ, 2004.108 с.

Чрезвычайные ситуации, обусловленные распространением опасных веществ в Московском метрополитене

С.А. Гарелина, К.П. Латышенко

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

В Московском метрополитене безопасность обеспечивается за счёт: видеонаблюдения, информационных терминалов, терминалов системы «ОКСИОН», обученных собак, системы охранной сигнализации, защищающей от несанкционированного проникновения в вентиляционные шахты, водоотливных установок для предохранения метрополитена от затопления.

Таким образом, в настоящее время защита от ЧС, связанных с распространением опасных веществ на станциях метрополитена отсутствует. Покажем, что риск возникновения таких ЧС в метрополитене существует:

Метрополитен г. Харькова, 2007 г. Превышение концентрации паров горюче-смазочных материалов, бензиновые пятна в тоннели [1], вследствие утечки из повреждений бензиновых резервуаров АЗС, расположенной вблизи станции.

В настоящее время в основном строят станции мелкого заложения (глубина заложения «Печатники» всего 5 м). Хорошо известно, что грунты в результате утечек из резервуаров АЗС пропитываются бензином и соляровым маслом на глубину более 20 м.

На рис. 1 приведен пример близкого расположения АЗС к станции метрополитена (м. «Котельники»).

Метрополитен г. Харькова, 2011 г. Возгорание в вентиляционной шахте, вследствие поджога [2], что привело к задымлению вестибюля станции.

Метрополитен г. Харькова, 2017 г. Возгорание вследствие короткого замыкания, образовавшийся дым в результате плавления пластикового потолка заволоч также соседние станции [3].

Метрополитен Южной Кореи, 2013 г. Взрыв в результате поджога пакета с бензином [4].

Токийское метро, 1995 г. В результате распыления зарина погибло 13 человек и отравилось около 10 тысяч человек [5].

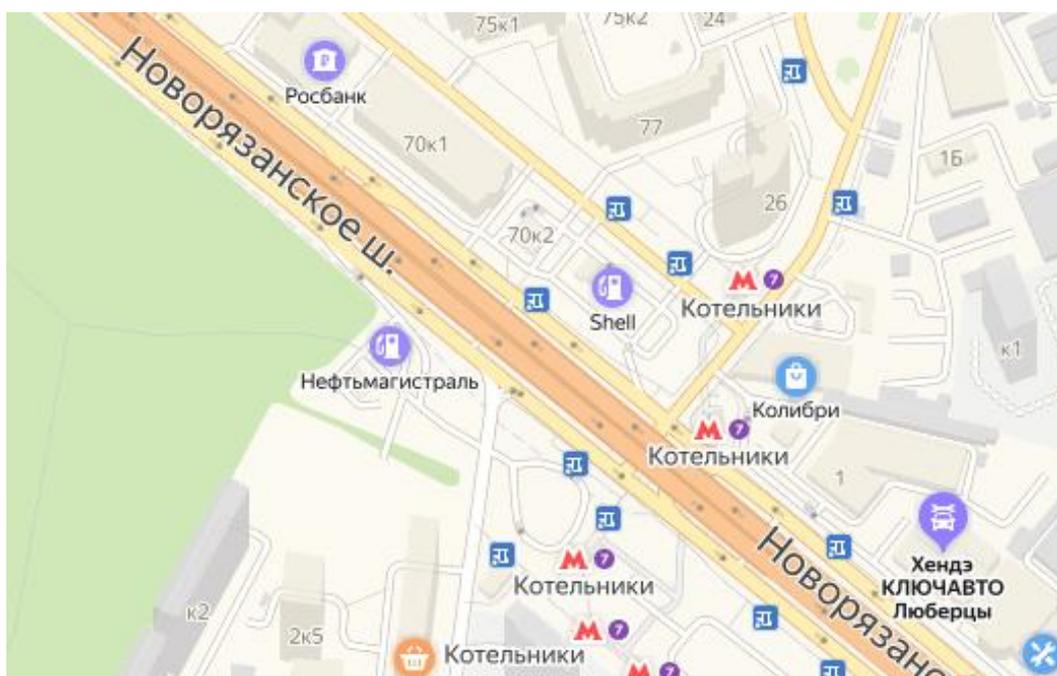


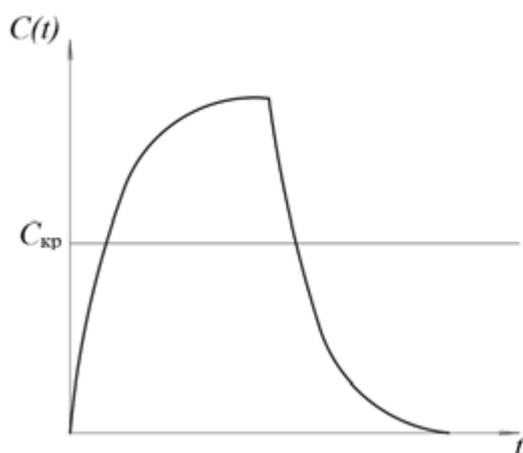
Рисунок 1 - Две АЗС, расположенные вблизи станции метрополитена «Котельники»

Показано, что в метрополитене существует риск возникновения ЧС, связанных с образованием и распространением опасных веществ. К таким веществам можно отнести:

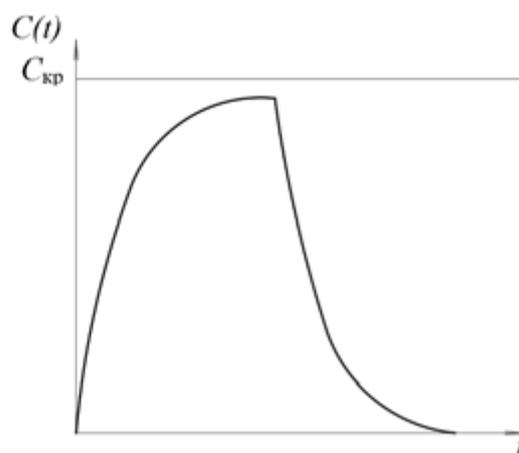
- дым (террористические методы, возгорания);
- токсичные вещества (террористические методы). Для совершения террористических актов наиболее часто используют СДЯВ (хлор Cl , фосген CCl_2O , синильная кислота HCN и др.), ОВ (зарин GB , зоман GD , ВИ-газ (Ви-Экс) VX и др.), токсичные гербициды и инсектициды;
- паровоздушные смеси горючих веществ, такие как бензин, дизтопливо, метан, пропан, бутан (террористические методы, аварии на АЗС, расположенных вблизи метрополитена).

Исходя из представленного анализа потенциально опасных источников ЧС, возможны два типа сценария поступления опасных веществ на станцию метрополитена: мгновенное и непрерывное (рис. 2).

Кратковременный выброс опасных веществ в замкнутое помещение

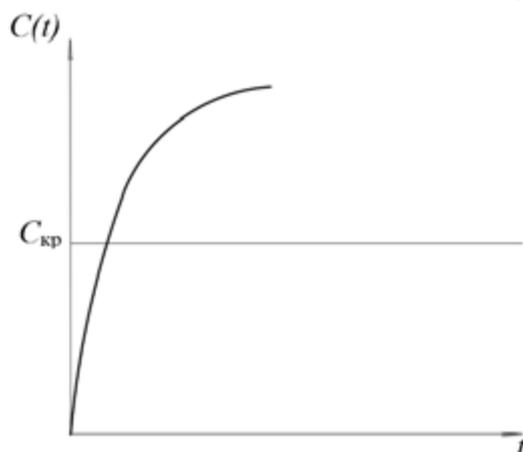


Концентрация опасного вещества $C(t)$ превышает критичное значение $C_{кр}$

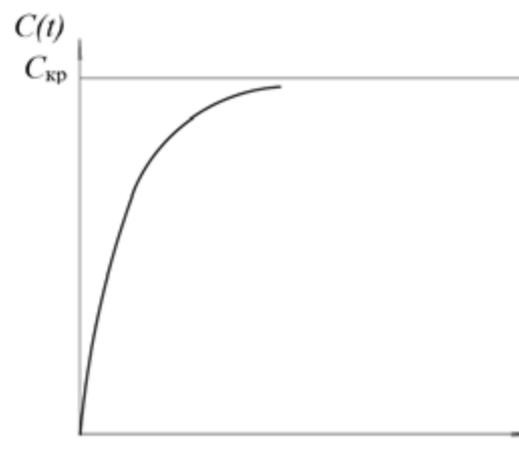


Концентрация опасного веществ $C(t)$ не превышает критичное значение $C_{кр}$

Непрерывное поступление опасных веществ в замкнутое помещение



Концентрация опасного вещества $C(t)$ превышает критичное значение $C_{кр}$



Концентрация опасного вещества $C(t)$ не превышает критичное значение $C_{кр}$

Рисунок 2 - Возможные типы сценария динамики изменения концентрации опасных вещества при их поступлении в замкнутые помещения

При этом актуальной задачей является расчёт времени достижения критического значения концентрации опасного вещества в воздухе станции.

Таким образом, показано наличие проблем в обеспечении безопасности и защиты Московского метрополитена от возникновения ЧС, связанных с образованием и распространением токсичных и взрывоопасных веществ в воздухе метрополитена, что требует новых научно обоснованных подходов к обеспечению безопасности в метрополитене.

Список использованных источников

1. Харьковский метрополитен провел работы по устранению протекания бензина в тоннеле между станциями «Площадь Восстания» и «Архитектора Бекетова» / «Status quo». 05.06.2007.

2. Киевляне: «Эвакуация! Теракт! Кошмар!». 21 июня 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.segodnya.ua/kyiv/kpower/kiyvjane-evakuatsija-terakt-koshmar-253797.html> (дата обращения: 01.06.2019).

3. Пожары и разрыв поезда: ТОП-5 аварий киевского метро. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://news.bigmir.net/capital/715942-Pozhary-i-razryv-poezda--TOP-5-avarij-kyevskogo-metro--FOTO--VIDEO-> News.bigmir.net (дата обращения: 01.06.2019).

4. Пожар в метрополитене Тэгу (2003). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/Пожар_в_метрополитене_Тэгу_\(2003\)](https://ru.wikipedia.org/Пожар_в_метрополитене_Тэгу_(2003)) (дата обращения: 01.06.2019).

5. Зариновая атака в Токийском метрополитене. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Зариновая_атака_в_Токийском_метрополитене (дата обращения: 01.06.2019).

**Система поддержки принятия решений «Тайга - Аналитик»
как инструмент прогнозирования обстановки
при борьбе с природными пожарами**

Г.А. Доррер², П.В. Ширинкин¹, С.В. Кобыжакова¹, С.В. Яровой¹

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева

Ежегодно вследствие жаркой погоды и дефицита осадков в течение пожароопасного периода (5 месяцев) на территории Российской Федерации возникает около 11 тыс. очагов природных пожаров на общей площади более 4500 тыс. га., где расположено: более 8800 населенных пунктов, более 2000 объектов социальной сферы, 847 объектов экономики, свыше 1900 участников автомобильных дорог, 835 участков железных дорог.

Наибольшее количество чрезвычайных ситуаций, возникших вследствие природных пожаров на территории Российской Федерации, зарегистрировано в Сибири, чему способствовала теплая и малоснежная зима. Наиболее сложная лесопожарная обстановка складывалась на территориях Забайкальского и Красноярского краев, республик Бурятия и Хакасия и Иркутской области. Именно там зафиксировано наибольшее количество переходов сельскохозяйственных палов и природных пожаров на населенные пункты и объекты экономики.

Функциональные обязанности по борьбе с природными пожарами на территории Российской Федерации возложены на Федеральное агентство лесного хозяйства, находящееся в ведении Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. К ним относятся мониторинг пожарной опасности в лесах, а также принятие решений о маневрировании лесопожарных формирований, пожарной техники и оборудования в соответствии с межрегиональным планом маневрирования лесопожарных формирований, пожарной техники и оборудования.

Результат работы по борьбе с природными пожарами во многом зависит от принятого решения о применении или не применении мер.

Основными критериями при принятии решения о маневрировании силами и средствами при борьбе с природными пожарами являются оценка обстановки и прогноз развития событий.

Оценка обстановки позволяет определить наличие, объем и достаточность привлеченных сил и средств, а также возможность их применения. Прогноз развития пожара определяет тактику действий, направленных на локализацию пожара и, как следствие, сокращение экологического, экономического или человеческого ущерба, а также сохранность ценностей человека.

В условиях ограниченности ресурсов на месте возникновения и развития пожара, а также ограниченной возможности их применения в виду отсутствия договорных отношений муниципальных образований с юридическими и физическими лицами, имеющими специальную технику, результат борьбы с природными пожарами напрямую зависит от прогноза и непосредственной тактики действий.

В случае недостаточности применения сил и средств, необходимых для борьбы с природными пожарами, в зависимости от условий развития пожара, а также угрозы сохранности здоровья и имущества людей координационным органом единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций принимается решение в введении «режима чрезвычайной ситуации», возникшей вследствие природного пожара.

В случае объявления «режима ЧС», к тушению природных пожаров привлекаются такие силы единой государственной системы по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) как войска гражданской обороны, поисково – спасательные службы МЧС России, соединения и воинские части Вооруженных Сил, предназначенные для ликвидации катастроф, противопожарные, аварийно – спасательные, аварийно – восстановительные формирования министерств, ведомств и различных организаций. Соответственно, объем и расположение доступных сил и средств изменяются, что дает дополнительные возможности для маневров в тактике тушения природных пожаров.

Чем больше площадь, пораженная огнем, скорость ветра, труднодоступность местности, тем сложнее определиться с тактикой тушения пожара.

В связи с тем, что природные пожары носят не регулярный, а стихийный характер, члены комиссий по чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности зачастую не адаптированы на быстрые и правильные решения, что подтверждается огромными площадями пожаров, сопровождающихся, к сожалению, человеческими жертвами и крупным материальным ущербом.

Принятие решений в пожаротушении осуществляет человек, следовательно, большое влияние имеет человеческий фактор, который зависит от опыта, знаний и пр.

В мировой практике для минимизации влияния человеческого фактора используется большое количество разнообразных методов. Одним из таких методов является обеспечение системами поддержки принятия решений.

Система поддержки принятия решений (СППР) предназначена для учета и анализа многокритериальных факторов для выработки решений в сложной информационной среде. При этом под многокритериальностью понимается тот факт, что результаты принимаемых решений оцениваются не по одному, а в совокупности многих показателей (критериев) рассматриваемых одновременно. Информационная сложность определяется необходимостью учета большого объема данных, обработка которых без помощи современной вычислительной техники практически невыполнима. В этих условиях число возможных решений, как правило, весьма велико и выбор наилучшего из них "на глаз", без всестороннего анализа, может приводить к грубым ошибкам.

Для целей прогнозирования последствий и борьбы с лесными пожарами актуальна СППР в виде информационной справочной системы, учитывающей совокупность критериев, на основе которых в дальнейшем будут оцениваться и сопоставляться возможные решения. Система ППР помогает пользователю сделать такой выбор.

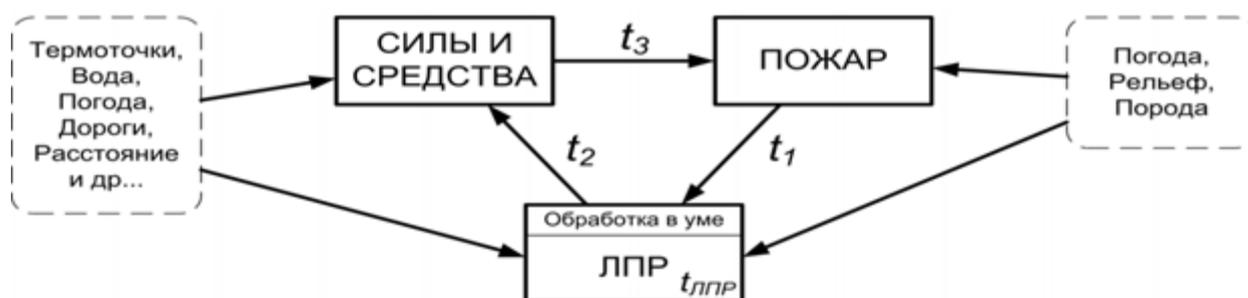
Модель управления действиями сил и средств РСЧС при угрозе и возникновении ЧС от природных пожаров с использованием СППР на основе имитационной модели распределенных динамических процессов является результатом слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных.

Процесс тушения природного пожара начинается с момента его обнаружения. На непосредственный процесс протекания горения влияют многочисленные факторы такие как: погодные условия, рельеф местности, структура горимого материала и пр. Лицо, принимающее решение, получает информацию о наличии возгорания и его характеристиках в течение времени t_1 , (рисунок 1) посредством получения данных космического мониторинга, от летных наблюдателей, от групп пешей разведки. Следующим этапом является процесс умственного синтеза полученной информации о пожаре и справочной информации о факторах, влияющих на процесс. В результате обработки

информации в течение времени t_2 лицо, принимающее решение, дает указание на применение сил и средств с учетом различных факторов. На тактические решения влияют следующие факторы:

- наличие водоисточников их удаленность и другие характеристики;
- погодные и климатические условия;
- наличие объектов инфраструктуры, в т.ч. дорог;
- рассредоточенность сил и средств, их удаленность от объектов защиты и от очага возгорания и пр.;
- лесоустройство территории.

Указанные факторы влияют на время сосредоточения и введения сил и средств на тушение пожара t_3 . Далее повторяется процесс получения информации о пожаре, анализ информации о результатах воздействия на процесс пожара и процесс принятия решения о дальнейшей концепции применения или достаточности применения сил и средств (рисунок 1).



$$\Delta t = \sum_1^n t_1 + t_2 + t_3 + t_{лпр}$$

t_{123} – время взаимодействия

⬭ – факторы, влияющие на процесс

$t_{лпр}$ – время на анализ, расчет, проверку, выбор

Рисунок 1 - Алгоритм принятия решения и оценка затрачиваемого времени

В соответствии с указанным алгоритмом время принятия решения Δt состоит из суммы времен, потраченных на циклы t_1 , t_2 , t_3 и $t_{лпр}$, где $t_{лпр}$ – время необходимое на анализ, расчеты, проверки и выбор способа действий.

Из разработанных в Российской Федерации систем поддержки принятия решений при борьбе с природными пожарами по своим функциональным характеристикам можно отдать предпочтение системе

«Тайга-Аналитик», которая предназначена для имитации лесопожарных ситуаций на карте местности и позволяет моделировать распространение пожара под воздействием мер по его тушению с использованием привязки к геоинформационной системе (ГИС).

Программной базой написания системы является «Агентно-ориентированная имитационная система «Тайга-3» [4-14].

Отличительной особенностью системы является возможность моделирования динамики как свободно распространяющегося пожара, так и находящегося под воздействием противопожарных сил в любом масштабе.

Система «Тайга - Аналитик» способна учитывать следующие факторы:

- скорость и направление ветра,
- высота над уровнем моря, характер ландшафта местности,
- температурный режим, давление и осадки,
- привязка к геолокации (широта, долгота),
- наличие линейных, площадных и точечных объектов (нефтепроводы, дороги, инженерные сооружения),
- отдаленность от водных объектов, населенных пунктов, их численность и плотность населения,
- наличие и расположение реагирующего подразделения с указанием имеющихся сил и средств,
- классы погодной и природной пожарных опасностей,
- категория земель,
- действующие термические точки и их характеристики.

Источниками данных для составления информационной базы для моделирования пожара в системе являются:

данные с ближайших к месту возникновения пожаров метеостанций (скорость и направление ветра, температурный режим, давление и осадки);

сервис Google Elevation API (высота над уровнем моря);

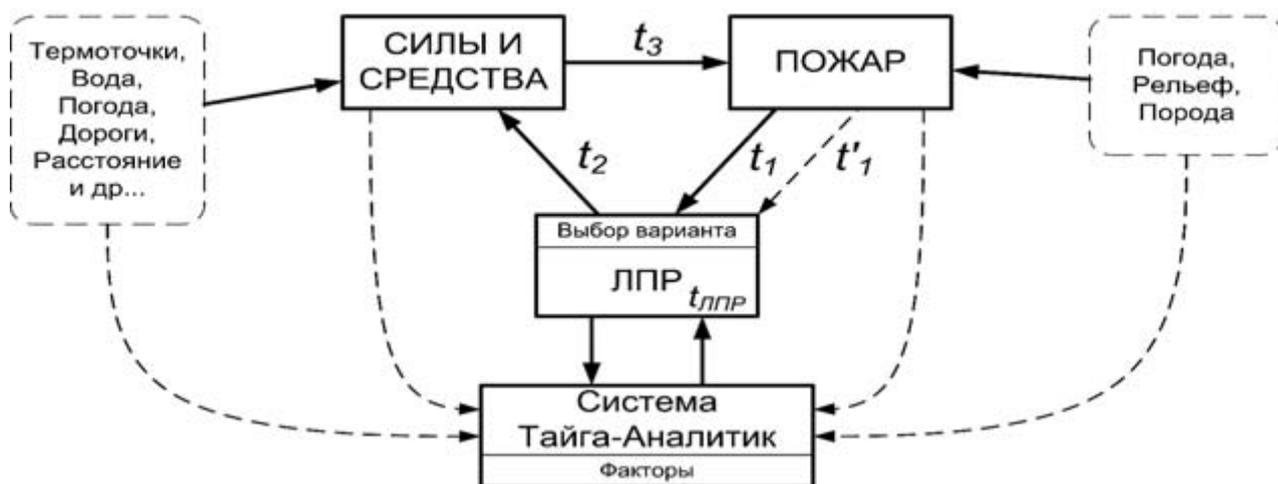
справочная информация от Федерального агентства управления лесного хозяйства (характер ландшафта местности, привязка к геолокации – картографические сервисы (OpenStreetMap, Google, Yandex и др.), высота лесной зоны, расположение подразделений «Авиалесохраны»), отдаленность от линейных объектов (нефтепроводы, дороги, инженерные сооружения), отдаленность от водных объектов,

отдаленность от населенного пункта, классы пожарной опасности по условиям погоды и лесорастительным условиям и т.д.;

данные органа управления, например, администрации (численность населенного пункта, плотность населения, категория земель отдаленность реагирующего подразделения с указанием имеющихся средств);

координаты термоточек и площадь горения - системы космического мониторинга ИСДМ Рослесхоз и Каскад.

При применении системы «Тайга-Аналитик» алгоритм принятия решения выглядит следующим образом (Рисунок 2):



$$\Delta t = \sum_{i=1}^n t_i + t_2 + t_3 + t_{\text{ЛПР}}$$

t_{123} – время взаимодействия

○ – факторы, влияющие на процесс

---> – процессы протекающие виртуально

$t_{\text{ЛПР}}$ – время на анализ, расчет, проверку, выбор

Рисунок 2 - Алгоритм принятия решения с СППР

В базе СППР «Тайга-Аналитик» уже заложены данные, характеризующие постоянные параметры, необходимо ввести только переменные данные (погодные условия, координаты термических точек) и смоделировать распространение пожара с применением мер по его тушению. Система «Тайга – Аналитик» способна осуществлять моделирование как свободно развивающегося пожара, так и с учетом различных противопожарных барьеров, действий людей – огнеборцев

и сброса воды авиационными судами (самолет, вертолет). При использовании системы «Тайга – Аналитик» задача лица, принимающего решение, упрощается и сводится к выбору оптимального способа применения сил и средств, в результате чего значительно сокращается время на принятие решения. Время принятия решения Δt состоит из суммы времен, потраченных на циклы t^1_1 , t_2 , t_3 и $t_{лпр}$, где $t_{лпр}$ – время необходимое на анализ ситуации, выбор способа действий (нет необходимости анализа информации, проведения расчетов обстановки и проверки полученных результатов). При этом время наблюдения за изменением параметров пожара t_1 , корректируется в t^1_1 – время наблюдения за изменением параметров развития виртуального пожара.

Практические испытания работы системы «Тайга-Аналитик» показали удовлетворительный уровень достоверности результатов моделирования пожара (расчетная погрешность до 11%). Система «Тайга-Аналитик» позволяет формировать отчетный документ в виде протокола событий, который может быть использован в дальнейшем.

Предполагается использование системы «Тайга-Аналитик» для:

- оперативного моделирования параметров распространения природных пожаров для поддержки принятия решений по борьбе с пожарами;
- оценки возможных рисков для объектов защиты;
- в качестве учебно-тренажерной системы для обучения персонала основам тактики борьбы с природными пожарами;
- для определения расчета сил и средств, необходимых для ликвидации и локализации природных пожаров;
- проверка математических моделей развития динамично развивающихся процессов;
- помощь в распределении реагирующих подразделений по необходимой территории;
- расчет пожарных рисков дисперсионно по территории, составление карты уровня пожарных рисков;
- расчет предлагаемых маршрутов патрулирования.

При работе в режиме учебно-тренажерного комплекса вышеуказанные параметры вводятся согласно условиям решаемой задачи. Изменение значений и выбор показателей могут быть настроены до начала моделирования.

Результатом применения данной системы будут являться:

- справочная база данных о ситуации на территории;
- визуализация контура пожара на карте на каждой итерации моделирования.

Расчетные характеристики на каждой итерации моделирования свободно распространяющегося пожара: время с момента обнаружения очага пожара, площадь пожара, длина кромки активного горения, периметр пожара, скорость движения фронта, расстояние до населенного пункта, скорость приближения к поселению, время до достижения пожаром поселения.

Результатом применения СППР должны стать продуманные решения, опирающиеся на информационный фундамент, адекватные действия, квалифицированное исполнение и, как результат, своевременное реагирование с минимальными человеческими и материальными потерями.

Ценой не своевременного принятия решений КЧС могут стать человеческие жизни. Поэтому представители КЧС и в целом система по предупреждению и ликвидации ЧС, возникших вследствие лесных пожаров, должны быть готовы сработать в любой момент.

Какими бы не были составлены схемы и планы тушения пожара, при реальной ЧС, возникшей вследствие природного пожара, ее условия не выполняются, и она корректируются интерактивно. Для оптимизации системы принятия решений была разработана система поддержки принятия решений «Тайга - Аналитик» [3], которая позволяет осуществить оперативное моделирование параметров распространения природных пожаров для поддержки принятия решений по борьбе с ними, оценку возможных рисков для объектов защиты, обучить персонал основам тактики борьбы с природными пожарами, определять силы и средства, необходимые для ликвидации и локализации природных пожаров, помогает при распределении реагирующих подразделений по территории, осуществлять расчет пожарных рисков дисперсионно по территории для карты уровня пожарных рисков и облегчить расчет предлагаемых маршрутов патрулирования.

Система «Тайга–Аналитик» уже нашла применение в процессе подготовки специалистов в области техносферной безопасности и практической деятельности Центров управления в кризисных ситуациях МЧС России некоторых субъектов Сибирского федерального округа.

Список использованных источников

1. Материалы актов проверок по оценке готовности субъектов Сибирского федерального округа к действиям в пожароопасный период 2019 года
2. постановление Правительства от 17.05.2011 №376 «О чрезвычайных ситуациях в лесах, возникших вследствие лесных пожаров»
3. Адрес для входа в систему «Тайга - аналитик» <http://u702972.s15.wh1.su/>.
4. Доррер Г.А., Яровой С.В., Казаковцева О.Б. Мультиагентная система моделирования динамических процессов на поверхности Земли // Системы управления и информационные технологии, 2018, № 2 (72). С. 42-47.
5. Доррер Г.А., Яровой С.В. Моделирование динамических процессов на поверхности Земли // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении, 2018. № 4 (8). С. 53-57.
6. Georgy Dorrer, Sergey Yarovoy. Use of Agent-Based Modeling for Wildfire Situations Simulation // IEEE Xplore Digital Library 2018. 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC) 8-25 Aug. 2018. DOI 10.1109/RPC.2018.8481677.
7. Georgy Dorrer, Alexandra Dorrer, Sergey Yarovoy. Modeling of dynamic process on the Earth's surface // IOP Conference Series: MIP: Engineering, 2019. Vol. 537.
8. Яровой С.В. Агентный подход при моделировании лесопожарных ситуаций // Программные продукты и системы, 2016. Т. 29. № 3. С. 101-108.
9. Яровой С.В., Доррер Г.А. Применение агентного подхода для моделирования процессов распространения и локализации природных пожаров // Хвойные бореальной зоны. - Красноярск: СибГТУ, 2016. Вып.3-4. С. 223-228.
10. Яровой С.В. Применение агентного подхода для моделирования динамики распространения и локализации природных пожаров // Материалы XX Всероссийской научной конференции с международным участием "Сопряженные задачи механики реагирующих сред, информатики и экологии", 21-23 сентября, 2016 г., Томск / Рос. фонд фундам. исслед. ; Том. гос. ун-т, Мех.-мат. фак. ; под ред. Д.П. Касымова. - Томск: Томский государственный университет, 2016. С. 46-48. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000548592> (дата обращения 25.05.2019).

11. Доррер Г.А., Яровой С.В. Описание процессов распространения и ликвидации природных пожаров с помощью агентных моделей // Сибирский лесной журнал, 2017. № 5. С. 105–113.

12. Доррер Г.А., Яровой С.В. Агентное моделирование процессов управления борьбой с природными пожарами // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – М: ООО «Институт новых информационных технологий», 2017. № 3. С. 25-33.

13. Georgy Dorrer, Alexandra Dorrer, Sergey Yarovoy. Using nested Petri nets for modeling multiagent systems // IOP Conference Series: MIP: Engineering, 2019. Vol. 537.

14. Доррер Г.А., Шаталов П.С. Моделирование природных пожаров и процессов борьбы с ними // Информационные технологии в науке, образовании и управлении: труды международной конференции IT + S&E`15 (Гурзуф, 22 мая–01 июня 2015 г) / под. ред. проф. Е.Л. Глориозова. М.: ИНИТ, 2015. С. 295-307.

Тушение лесных пожаров отжигом от минерализованных опорных полос и обоснование конструкции орудия для их прокладки

С.Н. Орловский, К.Д. Блинов

ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет

Ручные и моторизированные лесопожарные орудия могут оперативно доставляться к пожару силами рабочих и десантироваться с самолётов лесной охраны.

При высокой производительности применение лесопожарных тракторных агрегатов сдерживается трудностью их доставки на удалённые лесные пожары ввиду низких транспортных скоростей движения.

При прокладке опорных минерализованных полос, предназначенных для проведения отжига, лесные пожарные используют ручной инструмент (грабли, лопаты, мотыги) или взрывчатые вещества. На ручную прокладку 100 м полосы затрачивается от 2,5 до 3,5 чел-ч. Работа требует большой физической силы. Применение для этих целей взрывчатых веществ сравнительно дорого, кроме того, необходима специальная подготовка взрывников.

Целью выполнения работ по проекту является создания орудия, которое можно без затруднений доставлять к очагу горения.

Основной задачей проектирования покровосдирателя являлось снижение энергоёмкости за счет применения теоретически обоснованных кинематики и динамики работы элементов и конструкции шнека. Для этой цели нужно решить следующие задачи:

- снизить массу орудия;
- сократить число обслуживающего персонала;
- обеспечить качество технологического процесса;
- найти возможность доставки орудия к месту лесного пожара посредством его переноски рабочим в разобранном на узлы виде или упакованном в баул для сброса с грузовым парашютом.

В разработанном полосопрокладывателе в качестве рабочего органа используется шнек, который приводится в движение цепной передачей от двигателя бензопилы «Дружба-4». Этот агрегат облегчает физический труд на прокладке опорных полос, что повышает оперативность их прокладки, может доставляться к месту пожара, как

любым видом транспорта, так и силами рабочих, а также сбрасываться с самолёта на грузовом парашюте вместе с лесопожарным оборудованием. Применение данного орудия позволит повысить оперативность тушения лесных пожаров и механизировать ручной труд, что ведет к повышению производительности локализации и тушения лесных пожаров и, как следствие, к сокращению выгоревших лесных площадей. При работе в оперативной обстановке орудие позволяет уменьшить время подготовки опорной полосы и тем самым сократить выгоревшие площади леса.

Проектируемый полосопрокладыватель предназначен для прокладки новых и подновления ранее проложенных минерализованных полос при локализации и тушении лесных пожаров. Основным устройством полосопрокладывателя является шнековый рабочий орган, состоящий из двух шнеков на стойке. Шнеки приводятся во вращение от двигателя бензопилы.

Применение орудия снижает себестоимость работ и их трудоемкость, за счет повышения производительности труда и уменьшения затрат на его эксплуатацию.

Ближайшим аналогом разрабатываемого полосопрокладывателя является тяговый модуль МТ – 1 конструкции ВНИИПОМлесхоза [1]. Он включает плуг и лебёдку с приводом от бензопилы «Дружба-4». Плуг устанавливается в начале полосы. Лебёдка переносится двумя рабочими вперёд на длину разматываемого троса. Включается привод и трос, наматываясь, барабан, тянет управляемый третьим рабочим плуг к лебёдке, образуя борозду шириной 26 см и глубиной 5,5 см, при этом с учётом отвала пластов ширина опорной полосы составит 50-55 см.

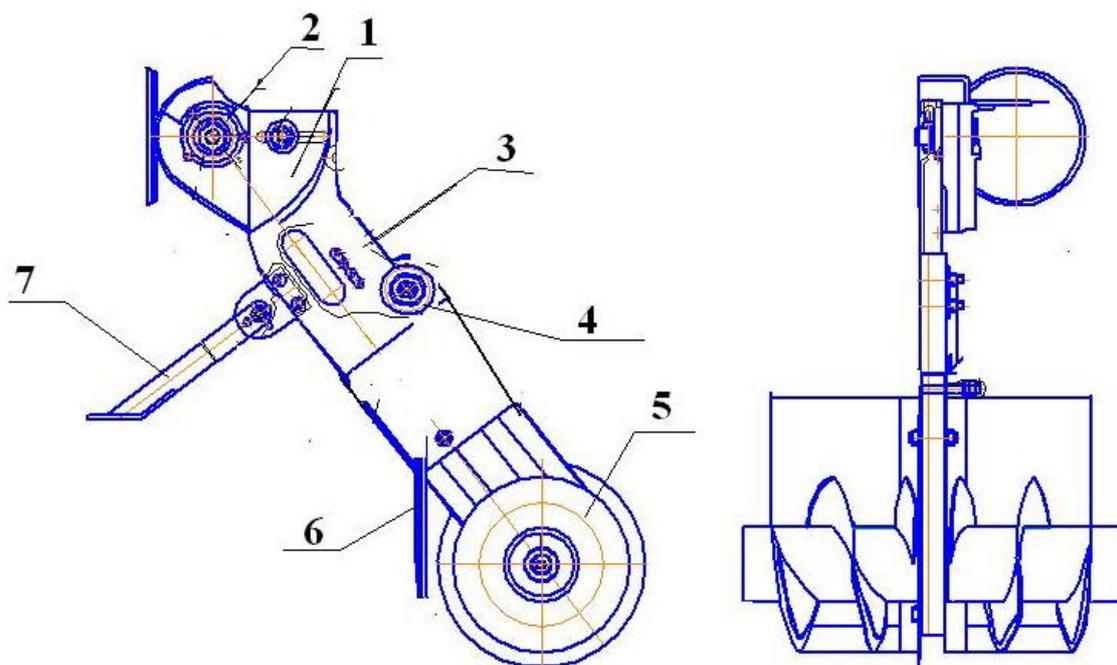
Недостатками базового варианта являются:

- численность рабочих, занятых на прокладке опорной полосы, составляющая 3 человека;
- значительная (30 кг) масса переносимой рабочим и оператором бензомоторной пилы «Дружба - 4» с лебёдкой и плугом.

Покровосдиратель (Рис. 1) сдирает опад и лесную подстилку до поверхности гумусового горизонта.

Технические характеристики покровосдирателя:

Скорость рабочая, км/час.....	0,5.
Ширина захвата, мм.....	500.
Глубина обработки, м.....	0,14.
Масса без пилы, кг.....	7,0.
Обслуживающий персонал, чел.....	1.



1- редуктор бензопилы, 2 - звёздочка ведущая, 3 – шина,
4 – ролик натяжной. 6 - щиток, 7 – лапа опорная

Рисунок 1 - Покровосдиратель

Покровосдиратель состоит из двигателя приводного, рамы, кожуха цепи, защитных кожухов рабочих органов, цепного привода, рабочего органа, шины, опоры, стойки.

Опора служит для фиксации рабочего положения покровосдирателя, состоит из стойки и пяты.

Для защиты оператора и во избежание попадания в полость рамы сучьев, грязи и т.д. покровосдиратель оснащен защитным кожухом.

Рама представляет собой сварную дюралевую конструкцию и является несущим основанием для крепления сборочных единиц покровосдирателя.

Приводной механизм служит для передачи крутящего момента рабочему органу, состоит из звездочек и цепи приводной.

Шнек служит для снятия напочвенного покрова, состоит из шнеков опорных, шнеков несущих и ленты режущей (ножей).

При разработке конструкции расчётам подлежат затраты мощности по элементам технологического процесса прокладки опорной минерализованной полосы.

Исходные данные для расчетов приведены в таблице.

Таблица - Исходные данные

Диаметр шнека по краям, м	0,17
Ширина режущей кромки, b, м	0,15
Длина режущей кромки, l, м	0,17
Скорость агрегата, V, км/ч (м/с)	0,5 (0,175)
Окружная скорость шнека, V _{ОКР} , м/с	8
Удельная масса грунта, ρ, т/м ³	1,1-1,3
Параметры вырезаемой борозды, м:	
высота, a	0,14
ширина, b	0,50

Конструкция шнека проектируемого покровосдирателя не учитывает совместного действия окружной и поступательной скорости. Известно, что окружная скорость должна быть выше поступательной и, главное, что ножи шнека должны быть установлены под определенным углом к срезаемому грунту. В противном случае вращающийся со скоростью 150 мин⁻¹ или окружной скоростью до 8 м/с ножи создают эффект торможения. При этом кинетическая энергия удара ножа о грунт, исходя из формулы [2]

$$W = \frac{m \cdot V_{ОКР}^2}{2}, \quad (1)$$

где m - масса грунта, кг;

V_{ОКР} - окружная скорость режущей кромки, м/с.

В соответствии с поставленной задачей масса грунта, необходимого создания полосы, должна быть не менее 4 кг/м² на ширине минерализованной полосы не менее 0,5м. Следовательно, профиль борозды может быть обеспечен глубиной 10-15 см и шириной не более 50 см.

По формуле Горячкина [3] определим необходимую силу тяги для обработки грунта шнеком, Н

$$P_T = K \cdot a \cdot b + \varphi \cdot G, \quad (2)$$

где K - удельное сопротивление почвы, кг/м²;

a - глубина профиля борозды, см;

b - ширина профиля борозды, см;

φ - коэффициент перемещения, величина которого равна половине значения коэффициента трения почвы о сталь;

G - масса шнека, кг.

При K = 0,5 кг/м²; φ = 0,3; G = 70кг; a = 14см; b = 50см. P_T = 371 Н

Определим мощность затрачиваемую на преодоление тягового сопротивления покровосдирателя, кВт для скорости 0,5 км/ч (0,175 м/с).

$$N_T = P_T \cdot V \cdot a, \quad (3)$$

где V – скорость агрегата, м/с. $N_T = 0,9$ кВт

Масса грунта, перемещаемая с 1 м длины борозды в подготовленной к переворачиванию, определится из выражения

$$M = a \cdot b \cdot \rho \cdot 1, \quad (4)$$

где ρ - удельная масса грунта, принимаем $\rho = 1,2$ т/м³. $M = 84$ кг

При диаметре образуемым шнеком после перемещения имеет коэффициент остатка грунта $k = 0,7 - 0,8$. Следовательно, за 1с (2,5 оборота шнека) из образованной шнеком борозды перемещается грунт массой M_n , кг

$$M_n = M \cdot V \cdot k, \quad M_n = 11 \text{ кг}, \quad (5)$$

За 1м длины борозды из образованного шнека перемещается грунт массой M_m , кг

$$M_m = M_n + (0,3 \cdot M_n), \quad M_m = 14 \text{ кг} \quad (6)$$

Расчетную массу грунта, исходя из зависимости, определится по формуле

$$M_m^2 = \frac{M_m}{8}, \quad M_m^2 = 2 \text{ кг/м}^2 \quad (7)$$

Мощность, затрачиваемая на перемешивание грунта шнеком, установленными вдоль радиуса покровосдирателя N_m , определяется из выражения

$$N_m = \frac{M_n \cdot V_{OKP}^2}{2}, \quad N_m = 0,352 \text{ кВт} \quad (8)$$

Мощность, затрачиваемая на перемешивание грунта шнеком, установленными под углом $\alpha = 55^\circ$, кВт, определяется по формуле

$$N_m^{\Pi} = N_m / \text{tg } 55^\circ, \quad N_m^{\Pi} = 0,2 \text{ кВт} \quad (9)$$

Мощность на отрезание (фрезерование) стружки определяется по формуле

$$N_n = \frac{2}{3} \cdot h_{гр} \cdot k \cdot l_g \cdot V, \quad (10)$$

где $h_{гр}$ - толщина слоя шнека, м;

k - коэффициент удельного сопротивления почвы резанию (0,5-0,7);

l_g - длина дуги резания, см;

V – скорость передвижения агрегата, м/с.

$h_{гр} = 0,12$ м; $k = 0,5$; $l_g = 50$ см; $V = 0,175$ м/с.

В новой конструкции ножа, угол трения составляет 15° , что практически исключает подпор грунта, что подтверждается значительной разницей между скоростью резания ($V_{окр} = 8$ м/с) и поступательной

скоростью агрегата ($V = 0,175\text{ м/с}$). При этом толщина срезаемой стружки ΔS , приходящейся на одну режущую кромку, составляет

$$\Delta S = \frac{S}{N \cdot n}, \quad (11)$$

где S – путь пройденный агрегатом за 1 с., мм;

N – количество ножей проектируемого покровосдирателем, шт;

n – частота вращения шнека, с^{-1} .

$S = 175$ мм; $N = 8$ шт; $n = 2,5 \text{ с}^{-1}$.

$\Delta S = 9$ мм. Таким образом, обеспечивается изменение коэффициента удельного сопротивления в меньшую сторону. При этом мощность отрезания стружки $N_{\text{п}}$ равняется 0,35 кВт

Мощностями на трение грунта о режущую кромку, кожух, можно пренебречь, поскольку они малы.

Суммарная мощность на резание грунта N составит

$$N = (N_{\text{м}} + N_{\text{п}}) / \eta_{\alpha} + N_{\text{т}}, \quad (12)$$

где $\eta_{\alpha} = 0,75-0,85$ - коэффициент полезного действия шнека.

$N = 1,7$ кВт. Диаграмма баланса затрат мощности на прокладку опорной полосы представлена на рис. 2.

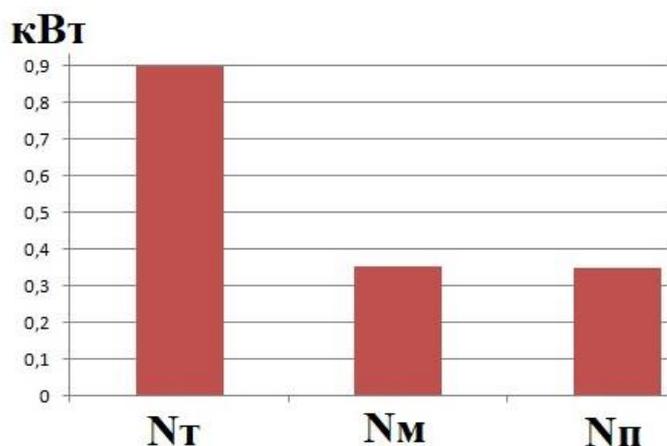


Рисунок 2 - Диаграмма баланса затрат мощности

Часовой расход топлива, $G_{\text{т}}$, кг/ч, определяется по формуле [4]

$$G_{\text{т}} = \frac{G_{\text{оп}}}{t_{\text{оп}}}, \quad (13)$$

где $G_{\text{оп}}$ - расход топлива двигателем за время работы, кг, измеряется объемным методом;

$t_{\text{оп}}$ - продолжительность работы, ч, $G_{\text{оп}}^{\text{пр}} = 0,9$ кг;

$G_{\text{т}}^{\text{пр}} = 0,45$ кг/ч

Удельный расход топлива, $G_{уд}$, кг/км, определяется по формуле

$$G_{уд} = \frac{G_T}{W_o}, \quad (14)$$

где W_o - производительность покровосдирателя за 1 ч основного времени, км/ч, определяется по формуле

$$W_o = \frac{F_o}{T_o}, \quad (15)$$

где F_o - объем выполненной работы за основное время, км;

T_o - время основной работы, ч.

При $W_o^{пр} = 0,5$ км/ч $G_{уд}^{пр} = 0,9$ кг/км

Удельную энергоёмкость (энергозатраты), $N_{уд}^e$, кВт•ч/км, определяется по формуле

$$N_{уд}^e = \frac{N_e}{W_o}, \quad (16)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, потребляемая покровосдирателем, кВт.

$$N_{уд}^{e, пр} = 3,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч/км}$$

Проектируемый покровосдиратель имеет более высокие показатели технической характеристики, чем существующие в настоящее время.

Анализ полученных результатов показал:

1. Предложенная методика аналитического определения энергоёмкости резания лесных почв даёт возможность выбирать режимы резания и параметры рабочего органа с одновременной оценкой затрат удельной работы на выполнение технологического процесса по элементам, что позволяет достичь минимальных значений энергоёмкости создаваемых орудий на стадии проектирования.

2. Реализация результатов исследований позволит повысить технический уровень лесопожарных орудий, обеспечивающих выполнение работ по энергосберегающим технологиям при минимальных нарушениях окружающей среды.

3. В технологии изготовления ножей предусмотрена плазменная наплавка режущей кромки твердосплавными материалами типа Т–580 или порошковыми стеллитами (ВК–2, ВК-4), что создаст условие «самозатачивания», повышающее их ресурс в 2-4 раза.

Экономическая эффективность обусловлена увеличением производительности проектируемого покровосдирателя по созданию противопожарных минерализованных полос, она достигается за счет увеличения скорости создания полосы и оперативности прибытия лесных пожарных к очагу горения.

Список использованных источников

1. Орловский, С.Н. Определение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активных рабочих органов машинно-тракторных агрегатов. Монография/ С.Н.Орловский. Красноярск, КрасГАУ, 2011. – 376 с.

2. Зеленин, А.Н. Лабораторный практикум по резанию грунтов. учебник/А.Н. Зеленин. – М.: Высшая школа, 1969. -310 с.

3. Карнаухов, А.И. Лесопожарные агрегаты с торцовой фрезой. Концепция энергосбережения. Монография для студентов, преподавателей и научных работников технических вузов / А.И. Карнаухов. Красноярск: СибГТУ, 2011. – 220 с.

4. Коршун В.Н. Роторные рабочие органы лесохозяйственных машин: концепция конструирования: Монография. - Красноярск: СибГТУ, 2003. - 228 с.

Проблемы оценки экологического риска техносферных пожаров

Ю.Н. Коваль

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Согласно Государственного доклада о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году, зарегистрировано 132 074 пожара, при которых погибло 7913 человек и получило травмы 9650 человек, из них в ЗАТО и объектах, охраняемых специальными управлениями ФПС МЧС России, произошли 616 пожаров, на которых погибло 22 человека и травмировано 64 человек. Исходя из статистики, можно сделать вывод, что увеличилось количество техносферных пожаров на производственных зданиях с 2015 по 2018 год на 1,0 % [2].

Пожары случаются на различных объектах хозяйственной деятельности, таких как - промышленные предприятия, жилые и общественные здания, технологические трубопроводы, свалки и т. п.

Техногенные пожары – это пожары, возникающие вследствие неправильных действий человека или нарушения каких-либо технологических и производственных процессов. Чаще всего они наносят непоправимый вред природе, экологии, и жизнедеятельности людей [3].

Основными причинами таких пожаров: поджоги — на 8,1 %, неосторожное обращение с огнем — на 10 %. Увеличилось количество пожаров, которые возникли из-за: неисправности производственного оборудования — на 7,8 %, НПУиЭ электрооборудования — на 3,0 %, НПУиЭ печного отопления — на 8,3 %, нарушения ППБ при проведении электрогазосварочных и огневых работ — на 1,2 %, прочих причин возникновения — на 0,03 % [2].

На сегодняшний момент экологическая оценка техногенных пожаров выполняется лишь для наиболее крупных пожаров. При составлении общего отчета предварительно необходимо получить количественные и качественные оценки негативных экологических воздействий на воздух, воду, почву. Пожары в промышленности имеют серьезное влияние на окружающую среду, так как используемые в процессе производства материалы чрезвычайно разнообразны по своему химическому составу, и комплексно воздействуют на окружающую среду, приводя к загрязнению всех слоев биосферы поллютантами [4].

Цель работы: изучить и обобщить проблемы оценки экологического риска техносферных пожаров. Найти основы комплексной оценки экологических последствий техногенных пожаров в городских агломерациях.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Выполнить обобщённый системный анализ экологического риска техногенных пожаров.
2. Описать состав продуктов горения, образующихся при пожарах.
3. Найти комплексную оценку показателей экологического риска вследствие техногенных пожаров.

Актуальность работы: экологические риски техногенных пожаров чаще всего являются многоплановыми, а загрязнение атмосферы происходит залповым кратковременным выбросом. Такое загрязнение может происходить опосредованно и проявляться спустя годы. В связи с этим крайне важно выделить меру экологического риска. Объективная оценка качества и количества загрязнения окружающей среды поможет снизить экологический риск и повысить уровень безопасности.

Стоит обратить внимание, что огнетушащие вещества, используемые в пожаротушении, наряду с токсичными и вредными продуктами горения вносят значительный вклад в загрязнение окружающей среды. В воде, как в средстве для тушения пожаров может содержаться антипирены и продукты пиролиза горючих материалов. Распространение загрязнителей может проходить различным путем:

- конвективными потоками через атмосферу;
- через осаждение в почву;
- посредством смывов переходить в поверхностные и грунтовые воды.

Загрязнители способны передаваться из одной среды в другую. Многие поллютанты, например диоксины, тяжелые металлы, которые попадают в среду обитания, способны накапливаться в живых организмах рыб и по пищевой цепочке аккумулироваться.

Воздействие на окружающую среду выделяющимися при горении веществами необходимо рассматривать с учетом трансформации, стойкости и биоаккумуляции этих веществ.

Согласно литературным данным на пожарах в регионах ежегодно сгорают десятки тысяч тонн разнообразных веществ и материалов. По утверждению авторов, в продуктах горения содержится от 160 до 190 видов химических соединений. Это связано с тем, что в последние годы

при строительстве зданий применяются новые полимерные и синтетические материалы.

В традиционных исследованиях используют физико-химические методы, которые нашли отражения в нормативно-технической документации, в частности: ГОСТ Р12.3.047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов», ГОСТ Р51897-2002 «Менеджмент риска», ГОСТ Р 51901-2002 «Анализ риска технологических систем» [5].

Наиболее доступные методы оценки загрязнения атмосферы основаны на результатах теоретических и экспериментальных исследований, закономерностей распределения загрязняющих веществ в поверхностном слое. Методы опираются на теорию диффузии в атмосфере, основанной на математическом описании распространения примесей путем решения уравнения турбулентной диффузии. Другое направление, связано с эмпирическим и статистическим анализом распределения загрязняющих веществ в воздухе. Для этой цели используется интерполяционные модели гауссовского типа.

В практике оценки последствий техногенных пожаров актуальной задачей является получение количественных характеристик внешних факторов в виде объемов, концентраций, зон распространения и других параметров. Дальнейшее определение экологического ущерба опирается на оценку натуральных эффектов от загрязнения окружающей среды.

Согласно действующему законодательству существуют методики определения ущерба нанесенного окружающей среде вследствие загрязнения по факту валовых выбросов. Расчеты определяют реальную стоимость поступивших поллютантов в окружающую среду. Эти величины, согласно действующему законодательству, облагаются платежами.

Таким образом, в настоящий момент отсутствует методологическая и нормативная база, позволяющая провести комплексный анализ экологического риска для окружающей среды и здоровья населения, единая для всей Российской Федерации.

Новым и современным методом для определения экологических рисков считается биоиндикация или биотестирование. Он подходит для анализа токсичности пирогенных загрязнителей на организменном и суборганизменном уровнях. При ее использовании наряду с традиционным физико-химическим анализом получают более полную качественную характеристику среды за счет выявления действия на тест-организм сразу всех возможных вредных веществ. Метод позволяет

фиксировать в реальных условиях внешние проявления нарушений признаков живых организмов на поллютанты [6, 7].

Проведение биологического токсикологического анализа осуществляется только по методикам, допущенным для проведения государственного аналитического контроля в аттестованных для этих целей лабораториях. Проводить биотестирование возможно на разных таксономических группах элементарно организованных объектов, таких как простейшие животные, растения, грибы. Наиболее объективный анализ воздействия токсикантов достигается при использовании биологических тест-объектов разной степени организованности (блок-системы, батареи).

Основными критериями степени общетоксического действия являются ответные реакции тест-объектов на поллютанты. Достоверные изменения ответной реакции высокочувствительных организмов на различные чужеродные вещества и являются определением среднеэффективных уровней.

Вывод: Обобщенная оценка прямого и тем более косвенного экологического ущерба от таких пожаров для окружающей среды и населения требует выполнения ряда предварительных исследований. Ее актуальность определяется необходимостью получения количественных оценок негативных экологических воздействий на территорию или часть биосферы (воздух, воду, почву), которые вносятся различными источниками в итоговую нагрузку. Понимание причин и условий, влияющих на частоту техносферных пожаров, и возможность отслеживать их динамику позволяет оценить возможные масштабы изменений экологически неблагоприятных условий.

Учитывая возросший интерес к проблемам биотестирования особую актуальность приобретает использование в реальных условиях тест-объектов при изучении токсичности продуктов горения и средств тушения.

Список использованных источников:

1. Исаева, Л.К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф: учебное пособие [Текст] / Л.К. Исаева. - М.: Академия ГПС МВД России, 2001. - 301 с.

2. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году : [электронный ресурс]. URL:https://mo-strelna.ru/upload_files/articles/2019/06/GosDoclad_po_2018_godu_Print.pdf

3. Исаева, Л.К. Пожары и окружающая среда [Текст] / Л.К. Исаева. - М.: Изд.Дом «Калан».2001. - 222 с.

4. Исаева Л.К., Власов А.Г. Методические указания расчета показателей, характеризующих опасность загрязнения окружающей среды выбросами от пожаров и аварий [Текст] / Л.К. Исаева, А.Г. Власов. - М.: Академия ГПС МЧС, 2003. - 44с.

5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 6 июля 2017 года № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

6. Коваль Ю.Н. Проблемы противопожарного обустройства лесных массивов /Ю.Н. Коваль, С.П. Бояринова В сборнике: Экологические проблемы промышленных городов // Сборник научных трудов по материалам 9-й Международной научно-практической конференции. Под редакцией Е.И. Тихомировой. 2019. С. 45-47.

7. Сергеев А.А. Морфометрический анализ ели сибирской в г. Железногорске / А.А. Сергеев Г.А. Тамбовцев // В книге: Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 116-118.

Разработка проекта учебного центра управления в кризисных ситуациях на базе Академии

**Г.А. Николаев¹, К.А. Ревуцкий¹, Г.Г. Демьянов¹,
А.В. Яровой², В.Н. Юрченко²**

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФКУ ЦУКС ГУ МЧС России по Красноярскому краю

В рамках реализации федеральных государственных стандартов и выполнения основных образовательных программ обучающиеся Академии должны получать определённые общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции в зависимости от осваиваемого направления подготовки [1].

Качественное формирование компетенций у обучающихся зависит от полученных в Академии знаний, умений и навыков, которые прививаются в процессе реализации разработанных рабочих программ учебных дисциплин [2].

Исходя из этого формируется модель обучения в которой проведение практических занятий представляет собой прикладную сторону образовательного процесса и в значительной степени влияет на достигнутые результаты, выраженные в закреплённых знаниях, сформированных умениях и приобретённых навыках [3].

Следовательно, к важным элементам образовательного процесса в Академии, значимо влияющим на качество полученного образования, следует относить уровень развития аудиторного фонда в части, касающейся функционирования и дальнейшего развития образовательных комплексов, которые в совокупности составляют фундаментальную неотъемлемую часть материально-технической базы для проведения практических занятий.

В Академии на системной основе проводится работа по развитию аудиторного фонда, при этом активно используются современные компьютерные технологии и программные комплексы.

Ежегодно в Академии открываются новые лабораторно-практические классы, которые отличаются передовыми подходами при реализации проектов и применяющимися в данном контексте инновациями в цифровых сферах визуализации, программного

обеспечения, в том числе обладающего собственными авторскими правами.

За последнее время были открыты новые аудитории, такие, как «Учебно-лабораторный комплекс средств связи и оповещения» с современным оборудованием «Системы-112» (2018 год), «Криминалистический полигон пожарных экспертиз» (2018 год) с применением технологий виртуальной реальности, «Класс для проведения лабораторных работ по гидравлике и противопожарному водоснабжению» (2019 год) с совместным применением лабораторного оборудования и собственного программного продукта ГраФиС.

Активно развивается современное перспективное направление по внедрению технологий дополненной реальности для создания интерактивных информационных систем для применения в практической деятельности пожарно-спасательных подразделений, а также интерактивных учебных пособий.

В мае 2019 года на конференции была представлена концепция создания нового образовательного комплекса образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики на основе трёхмерных схем тушения пожаров с применением ГраФиС, 3ds Max и Unity [4].

В рамках данной статьи предлагается рассмотреть ещё один новый проект, направленный на модернизацию образовательного комплекса «Учебный центр управления в кризисных ситуациях». Проводится работа по включению этого проекта в комплексную программу развития Академии.

Учебный ЦУКС был создан в Академии ещё в 2017 году и в настоящее время активно используется в образовательном процессе на практических занятиях по учебным дисциплинам направления гражданской защиты, а также задействуется в ходе проводимых учений и мероприятий оперативной подготовки (Рис. 1).

Существует даже опыт функционирования учебного ЦУКС в круглосуточном режиме, но в большей степени, как оказалось на практике, с функциями органа повседневного управления на объектовом уровне.



Рисунок 1 – Учебный ЦУКС Академии

Предлагаемый проект дальнейшего развития учебного ЦУКС Академии обладает рядом преимуществ по сравнению с существующим образовательным комплексом (Рис. 2).



Рисунок 2 – Состав функциональных подсистем проекта

К ключевым функциональным преимуществам проекта относятся:

- применение дополнительных систем отображения информации коллективного пользования;
- внедрение современных средств видеоконференцсвязи с поворотной камерой и выносными микрофонами;

- организация видеосервера;
- организация функционирования систем мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- оснащение рабочих мест системой радиосвязи;
- внедрение в информационно-аналитическую деятельность электронных паспортов территорий и объектов, трёхмерных сценариев развития чрезвычайных ситуаций;
- организация доступа к ведомственным информационно-справочным системам и базам данных, а также онлайн-ресурсам взаимодействующих министерств и ведомств;
- применение прикладных компьютерных расчётных задач по прогнозированию и оценке последствий чрезвычайных ситуаций;
- организация доступа и внедрение в практическую деятельность системы космического мониторинга.

Разработанная дорожная карта проекта состоит из трёх последовательных этапов.

На первом этапе временно (до наступления следующего этапа, чтобы не нарушать учебный процесс в используемой аудитории) предварительно была реализована схема размещения рабочих мест в оперативном зале, включая имитационный зал заседаний КЧС и ПБ (Рис. 3).

Рабочие места были укомплектованы имеющимися персональными компьютерами, к которым были подключены каналы связи Интернет и Интранет (ведомственная сеть), Интернет-канал расширен до 50 Мбит/с.

В аудитории проведена телефонная линия на 15 номеров ведомственной цифровой сети связи МЧС России.



Рисунок 3 – Выполнение мероприятий первого этапа дорожной карты

В дальнейшем планируется укомплектовать автоматизированные рабочие места учитывая возможность их подключения по видеоконференции для имитации и практической отработки вопросов организации совместной работы учебного центра управления в одном информационном поле с ЕДДС муниципальных образований, ДДС органов власти и оперативными группами на подвижных и запасных пунктах управления, в том числе с использованием беспилотных авиационных средств и робототехнических комплексов.

На заключительном этапе уже предусматривается возможность совместного использования каналов внутренней связи, видеоконференцсвязи, телефонной, радио-, громкоговорящей связи, вывода информации на системы отображения информации с каждого рабочего места, в том числе на дополнительных рабочих местах, имитирующих работу взаимодействующих органов власти.

Для этого на промежуточном втором этапе в оперативном зале центра управления предусматриваются соответствующие линии связи и обеспечиваются все предварительные условия для будущего монтажа (который будет осуществлён на третьем этапе) исходя из перспективы установки видеостены (состоящей не менее чем из четырёх элементов) и плазменных панелей (не менее двух) для вывода на них рабочей информации, электронных карт, сценариев развития обстановки, космических данных и прочего с различных рабочих мест в зависимости от обстановки.

На рабочих местах организован предварительный доступ к:

- серверам баз данных Национального центра МЧС России;
- информационно-справочной системе «База ЧС»;
- базе данных электронных паспортов территорий и объектов;
- базе трёхмерных моделей потенциально-опасных объектов и объектов с массовым пребыванием людей;
- системе космического мониторинга;
- ведомственным геоинформационным системам «Каскад», «АИУС РСЧС», «Бриз», «ГЛОНАСС»;
- разнообразным системам мониторинга взаимодействующих организаций (на примере опыта практической деятельности Территориального центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций Красноярского края).

Для загрузки на рабочие места подготовлена обширная локальная автономная база расчётных задач для оценки и прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций техногенного, природного

и военного характера, предоставленная ЦУКС Главного управления МЧС России по Красноярскому краю.

На втором этапе предлагается реализовать окончательную утверждённую схему размещения рабочих с учётом использования конкретных образцов мебели и размещения информационных стендов.

На этом этапе планируется завершить укомплектование автоматизированных рабочих мест персональными компьютерами (с двумя мониторами).

Заблаговременно обеспечивается возможность использования (на следующем этапе) каналов внутренней связи, видеоконференцсвязи, телефонной, радио, громкоговорящей связи.

Планируется завершить компоновку линий связи с учётом спланированных для дальнейшего использования каналов.

На третьем заключительном этапе оперативный зал учебного центра управления укомплектовывается системами отображения информации:

- видеостена с возможностью вывода на систему отображения коллективного пользования оперативной информации со всех рабочих мест, а также отображения действующих сеансов видеоконференции;

- плазменные панели (не менее двух, преимущественно для вывода информации систем мониторинга).

Оперативный зал оснащается тремя комплектами часов: «время новосибирское (красноярское)», «время московское» и «время оперативное».

Каждое рабочее место укомплектовывается:

- цифровым телефонным аппаратом с возможностью подключения к нему гарнитуры «свободные руки»;

- гарнитурой оперативного дежурного с наушниками и микрофоном;

- средствами громкоговорящей связи;

- выносным микрофоном (с кнопкой) для работы в режиме видеоконференции.

На заключительном этапе организуется практическое использование и проверка на каждом рабочем месте всех реализованных каналов связи.

Производится укомплектование двух рабочих мест (старший оперативный дежурный, оперативный дежурный по организации и контролю сил пожарной охраны) радиостанциями.

Укомплектовывается не менее пяти дополнительных автоматизированных рабочих мест с возможностью подключения

по видеоконференции для имитации совместной работы Центра управления в одном информационном поле с ДДС органов власти.

Рабочие места обеспечиваются комплектами синих и белых футболок поло.

На рис. 4. показана трёхмерная модель предлагаемого проекта.

Представленная концепция проекта создания учебного центра управления в кризисных ситуациях на базе образовательного учреждения представляет собой последовательность практических мероприятий по принципу реализации дорожной карты.



Рисунок 4 – Трёхмерная модель проекта

Предполагаемым целевым результатом реализации проекта является создание функциональной материально-технической базы, отвечающей современным требованиям к организации деятельности органов повседневного управления РСЧС, обеспечивающей возможность проведения полноценных практических занятий, направленных на качественное овладение общекультурными (ОК), общепрофессиональными (ОПК) и профессиональными компетенциями (ПК) [1], связанными с:

- взаимодействием, адаптацией и коммуникативностью (ОК-5);
- организацией работы ради достижения поставленных целей и готовностью к использованию инновационных идей (ОК-6);
- владением рискориентированным мышлением (ОК-7);
- способностью принимать решения (ОК-9);
- исследованием окружающей среды (ОК-11);

- способностью использования программных средств, умением пользоваться глобальными информационными ресурсами и современными средствами коммуникаций (ОК-12);
- способностью использовать организационно-управленческие навыки (ОК-14);
- способностью учитывать современные тенденции развития техники, технологий, измерительной и вычислительной техники в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- готовностью к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе (ОПК-5);
- способностью разрабатывать и использовать графическую документацию (ПК-2);
- способностью оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности (ПК-3);
- способностью использовать методы расчётов (ПК-4);
- способностью ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности (ПК-5);
- способностью составлять прогнозы возможного развития ситуации (ПК-15);
- способностью анализировать механизмы воздействия опасностей и определять характер комбинированного действия вредных факторов (ПК-16);
- способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны и зоны приемлемого риска (ПК-17);
- способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач (ПК-22).

Разработанная трёхмерная модель проекта позволяет проводить эффективную презентацию проекта, учитывая возникающие финансовые, организационные и материально-технические ограничения в процессе оптимизации комплекса мероприятий дорожной карты.

Список использованных источников

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 марта 2016 года № 246 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (уровень бакалавриата). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fgosvo.ru/news/3/1833> (Дата обращения 17.10.2019).

2. Савченко Е.В. Информационно-методическое обеспечение процесса формирования базовых профессиональных компетенций будущих инженеров при изучении фундаментальных дисциплин / Образовательные технологии и общество, 2014, №2 (том 17). С. 371-379.

3. Грязнов С.Н., Дымков А.В., Черных Г.С. Актуальность разработки профессиональных стандартов в России и предложения по их разработке в системе МЧС России / Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования, 2015, том 5, № 1 (8). С. 23-33.

4. Николаев Г.А., Яровой А.В. Создание нового образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики на основе трёхмерных схем тушения пожаров с применением ГраФиС, 3Ds Max и Unity / Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции «Молодые учёные в решении актуальных проблем безопасности». – Железногорск, 2019.

СЕКЦИЯ 1. «МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ»

Влияние условий изменения климата на осуществление мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов

Г.Н. Шаповалова, К.В. Тугушов

ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

Процесс наблюдения, оценки и прогноза позволил сделать выводы, что изменение климатических норм на период 1980 – 2010 гг., как это следует из «Второго оценочного доклада федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» (2014 г.), оказало влияние и продолжает влиять на биоту через изменения частоты и интенсивности экстремальных погодных условий [1]. Коррективы в сделанные выводы по вопросам меняющегося климата будут сформулированы Межправительственной группой экспертов (МГЭИК) в шестом оценочном докладе в 2022 г. Промежуточным отчётом считается специальный доклад МГЭИК «Суша и климат», 2-7.08.19 г., Женева).

В настоящее время Всемирная метеорологическая организация (ВМО) приняла по этой причине новый технический регламент об обновлении климатических норм. Идея заключена таким образом, что параллельно учитываются две нормы — оперативная и историческая. Для оценки оперативных изменений климата нормы будут пересчитываться каждые 10 лет [2]. Климатическая норма – средняя величина метеорологического элемента, статистически полученная из многолетнего ряда наблюдений в данной местности (рис. 1) [1].

Климатическая наука решает проблему связи статистических показателей экстремальных погодных явлений в различных местах мира с глобальным изменением климата.

Приведём способы наблюдения и сбора информации об изменениях в контроле и прогнозировании за последние 5 лет, используя материал по мониторингу и прогнозированию наводнений, отмеченном в [3] как угрожающих населению в глобальном масштабе. Это ещё не период,

который позволяет сказать о влиянии климата, но изменение норм наблюдаются везде.

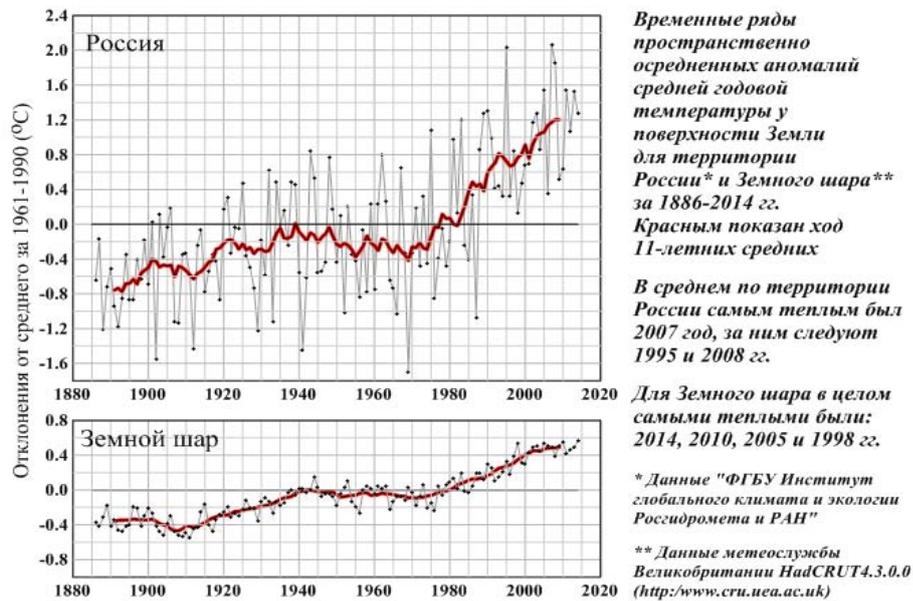


Рисунок 1 - Временные ряды средней годовой температуры у поверхности Земли для территории России и Земного шара за период 1886 – 2014 гг.

Гидрометеорологические явления и процессы наносят значительный ущерб экономике в виде высокого (на реках, морях, океанах, внутренних водоёмах) и низкого (предельных навигационных уровней на судоходных реках и водоёмах за период времени не менее 10 дней, водозабора для нужд городских поселений) уровней воды; раннего появления плавучего льда и образования ледостава на судоходных реках, озёрах и водохранилищах, повторяющееся не чаще одного раза в 10 лет [1]; навалов льда на берегу гидротехнических, портовых и других сооружений и населённых пунктов, образующиеся при заторах и в результате дрейфа льда, массовых образований внутриводного льда вблизи гидроэлектростанций (ГЭС) и водотоков; промерзания до дна водоёмов и водотоков, повторяющиеся один раз в 10 лет; образования наледи в руслах и поймах рек, угрожающее населённым пунктам, гидротехническим сооружениям, народно-хозяйственным объектам, затрудняющее движение транспорта; селевых потоков, вызванных сильными осадками, прорывами завальных и мореных озёр [1]. Критерии по размеру ущерба от их воздействия устанавливаются территориальными управлениями Росгидромета (Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу

окружающей среды). Для цунами (тип наводнения) показатели опасности рассматриваются также функциональной подсистемой ФП РСЧС-Цунами, Геофизической службой РАН (объявление тревоги).

Наводнения прогнозируются статистическим рядом гидрометеорологических показателей, используемых в расчётных методиках, которые учитывают реакции водосбора на выпадение осадков. При этом определяющая роль принадлежит точности и полноте информации о выпадающих осадках, дефиците почвенной влаги, уровнях воды в реках, многих гидрометеорологических характеристик, таких, как общая синоптическая обстановка, ветер, атмосферное давление и др. Прогнозы наводнения разрабатываются региональными Гидрометцентрами. Краткосрочный прогноз наводнений составляется на период от 24 до 72 часов, долгосрочный прогноз, характерный для половодий (тип наводнения), – от 30 до 75 дней [4].

Отработанное не одним столетием и совершенствующееся своевременное обнаружение и прогнозирование развития неблагоприятных гидрологических стихийных явлений и процессов осуществляет Росгидромет, который имеет государственную наблюдательную сеть, и сейчас идёт стадия модернизации всех её звеньев для создания единой сети с разными уровнями и возможностями прогнозирования развития событий каждые 10 минут.

Показатели сбора информации, методы подачи информации и общие задачи Росгидромета объёмно раскрыты на сайте организации. В настоящее время в Росгидромете функционирует автоматизированная система расчёта и краткосрочного прогноза всех основных элементов ледового режима рек. При составлении краткосрочных прогнозов за основу берутся метеорологические данные по прогнозу на 5 суток (усреднённый период «жизни» циклона), что и определяет заблаговременность прогноза. Оправдываемость краткосрочных прогнозов сроков появления льда и вскрытия рек достигает 92 - 95 % [1]. При мониторинге и прогнозировании применяются две основные группы методов: визуальных наблюдений, инструментальных измерений и исследований, аналитические. При формировании прогноза опасных гидрометеорологических явлений имеются два подхода: первый – базируется на изучении учитываемых предвестников катастрофических явлений и анализе информации, получаемой от сети мониторинга, и используется преимущественно для краткосрочных и оперативных прогнозов; второй – опирается на расчёты с применением

детерминированных и статистических методов и используется для средне-, долгосрочных прогнозов. Для составления прогноза ежедневно использует не только данные наблюдений о состоянии атмосферы над своей территорией страны, но и над миром. Для этого необходимо, чтобы наблюдения проводились всеми участниками в единые сроки и были сопоставимы по формам между собой, переданы в центры обработки данных для подготовки прогнозов.

В последнее время создаются системы «спутниковой–радиолокационной» информации, данные обычных метеорологических наблюдений, позволяют постоянно уточнять предварительные расчёты и предупреждать о возникновении опасных локальных явлений. Роскосмосом совместно с НИЦ «Планета» для дистанционного зондирования Земли используются системы «Метеор-М»; «Океан»; «Ресурс-П»; «Канопус-В», «Электро-Л», а также данные международной системы геостационарных гидрометеорологических спутников США, Японии, Китая, Индии и европейских спутников МЕТЕОБАТ.

В системе Росгидромета выпускаются все виды прогнозов, включая долгосрочный, но основными являются выпуски краткосрочного прогноза на 12 часов, среднесрочного – 1 раз в сутки. Сверхкраткосрочные прогнозы выпускаются по мере необходимости для предупреждения организаций о явлениях погоды, представляющих опасность для населения или той или иной хозяйственной деятельности. Долгосрочные прогнозы выпускаются один раз в месяц или сезон. Примером последних могут служить графики тенденций распределения атмосферных осадков, температуры воздуха, изменения характеристик снежного покрова в течение 1976-2018 гг., агроклиматические показатели. Отмечены тенденции изменения температур в свободной атмосфере Северного полушария: потепление в тропосфере и похолодание в стратосфере. Наблюдается Арктическое потепление (1,0°С/10 лет). Это отражено в [3].

Весьма сложной задачей является прогнозирование места и времени внезапного возникновения быстроразвивающихся опасных паводковых явлений за счёт интенсификации циклонов при выходе на сушу, где располагаются населённые пункты, водные объекты, и требующих заблаговременной подготовки сил и средств РСЧС. После трагедии в Крымске Росгидромет проводит работы, направленные на модернизацию системы прогнозирования по направлениям: районирование страны по физико-географическим территориям (Европейская часть России, Западная Сибирь, Средняя Сибирь,

Прибайкалье и Забайкалье, Приамурье и Приморье, Восточная Сибирь), по типам опасных гидрологических явлений и частоте их повторяемости; создание сети антивандальных автоматических метеостанций, способных в режиме реального времени определять и передавать данные наблюдений; обеспечение ввода в эксплуатацию необходимого количества дистанционных средств наблюдения наземного (метеолокаторы) и космического базирования для оперативного контроля развития опасных и катастрофических ситуаций. Миниметеостанции локально устанавливаются в труднодоступной местности с использованием вышек сотовой связи. Число наблюдательных пунктов оптимизируется, акцент ставится на обновление средств наблюдения, информационное взаимодействие с разными службами. Аналогично – с международными службами погоды в трёх «точках»: Вашингтон – Москва – Мельбурн. При этом пропуск информации любого из источников делает невозможным составление достоверного прогноза в масштабах задач ВМО. После катастрофических событий на Дальнем Востоке есть решение восстановить посты по прогнозированию уровня воды при половодье, паводках, ледоставе, промерзания рек, водоёмов до дна. Стоит задача довести доверие населения к показателям прогноза до 70%.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 10.04.2007 г. № 219 «Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов» организация и осуществление государственного мониторинга водных объектов осуществляется Федеральным агентством водных ресурсов (Росводресурсы) и другими при взаимодействии с Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) и другими ведомствами. При этом Ростехнадзор ведёт мониторинг за безопасностью гидротехнических сооружений (ГТС) определённого класса опасности; Ространснадзор осуществляет мониторинг за безопасностью судоходных ГТС; Роспотребнадзор ведёт социально-гигиенический мониторинг в части оценки качества воды источников питьевого и хозяйственно – бытового водоснабжения. Информационные данные формируются независимо друг от друга. Росгидромет основные показатели характеризует масштабом, продолжительностью и интенсивностью процессов. Указанные федеральные органы исполнительной власти обеспечивают сбор, обработку, хранение и предоставление в установленном порядке в Росводресурсы сведений, необходимых для ведения государственного мониторинга водных объектов [4]. Например, на 31.12.2018 г. сток воды

измерялся на 2091 постах, сток наносов – на 574 постах. Количество резервных, основных и дополнительных постов составляет 1266, 1484 и 228 соответственно. Для обработки оперативной гидрологической информации использовались технологии «АРМ Гидролог» и «ГИС Метео». Обработка данных АГК (автоматизированные гидрологические комплексы) осуществлялась с использованием специализированных программных средств, созданных разными разработчиками в рамках реализации проекта «Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета» и ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 гг.». Крымские показатели обрабатываются чаще вручную. Эффективность работы УГМС в части ведения Водного кадастра в отчётный период оценивается по полноте, качеству кадастровой информации, по соответствию сроков и форм её представления установленным нормативам.

Мониторинг водных объектов (ГМПВО) и водохозяйственных систем и сооружений (ГМВХС) осуществляется бассейновыми водными управлениями (БВУ) Росводресурсов совместно с Росгидрометом и другими специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды и водопользователями. Постоянная работа ведётся по разработке программного обеспечения, унификации информационных и технических средств, обеспечивающих совместимость данных различных видов мониторинга окружающей среды. В системе Росводресурсов государственный мониторинг водных объектов в 49 субъектах Российской Федерации проводят 37 аккредитованных гидрохимических лабораторий, подведомственных Росводресурсам, в соответствии с Программами мониторинга на территориях соответствующих субъектов Российской Федерации при использовании водных ресурсов для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения двух и более субъектов Российской Федерации; на трансграничных водных объектах; на морях по показателям состоянием дна, берегов, режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов [4]. Ежегодно Росгидромет составляет «Обзор состояния системы гидрологических наблюдений, обработки данных и подготовки информационной продукции».

Изучение гидрохимического режима подземных вод на территориях субъектов Российской Федерации производится по разрежённой сети наблюдательных скважин. На рис. 2, 3 представлена гидрологическая сеть Росгидромета в 2013, 2018 гг.

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»



Рисунок 2 - Гидрологическая сеть Росгидромета [5]



Рисунок 3 - Карта-схема размещения действующей гидрологической сети Росгидромета 31.12.2018 [6]

Выбор перечня определяемых показателей качества подземных вод производится в каждом конкретном случае на основе анализа многолетней информации о результатах аналитических исследований подземных вод и имеющихся сведений о находящихся вблизи источников загрязнения подземных вод. Комплекс гидрохимических исследований, проводимый по наблюдательной сети, помимо изучения качества подземных вод, закономерностей формирования их химического состава, выявления взаимосвязи поверхностных, грунтовых и напорных вод, определяет виды и объёмы антропогенной нагрузки на конкретных территориях.

Позднее мероприятия в рамках гидрологического блока проекта «Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета» и ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг.» привели к оптимизации размещения пунктов наблюдений гидрологической, гидрохимической и специализированной сети (рис. 3) для получения объективной информации; программ наблюдения, расширению состава информационных гидропостов; модернизации и техническому перевооружению системы гидрологических наблюдений: переходу на современные дистанционно-автоматизированные методы и средства измерения, оснащение гидрологических постов современными автоматизированными средствами наблюдений, приборами, аналитическим и вспомогательным оборудованием, спутниковыми системами сбора и передачи информации, получение комплексных информационных продуктов радиолокационных, грозопеленгационных и спутниковых наблюдений для систем наукастинга облачности, осадков и связанных с ними опасных природных процессов. Работа осуществляется по «Плану основных мероприятий Росгидромет на 2019 год» (утв. 28.06.2019 г.).

ГМСН (Государственный мониторинг состояния недр) Российской Федерации, организация и осуществление которого обеспечивается Роснедрами, является частью системы геологического изучения недр территории страны. ГМСН представляет собой систему регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза её изменений под влиянием природных факторов, недропользования и других видов хозяйственной деятельности, состоит из трёх подсистем: мониторинга подземных вод, мониторинга опасных экзогенных геологических процессов, мониторинга опасных эндогенных геологических процессов.

Оценка состояния недр осуществляется на основе данных наблюдений на пунктах государственной опорной наблюдательной сети (ГОНС) с учётом информации, получаемой от водопользователей и недропользователей, а также материалов геологоразведочных работ и других информационных источников.

Регулярные наблюдения за состоянием геологической среды производятся по количественным и качественным показателям, которые характеризуют текущее состояние подземных вод, проявлений экзогенных геологических процессов и ГГД-поля, являются основой для прогноза изменения состояния. В 2018 г. организационная структура ГМСН объединяла федеральный Центр ГМСН ФГУПП «Гидроспецгеология», 6 региональных и 81 территориальный центр государственного мониторинга состояния недр. Центры имеют организационно-правовой статус и обеспечивают ведение мониторинга геологической среды на территории как субъектов Российской Федерации, федеральных округов, так и Российской Федерации в целом.

Для управления информационными ресурсами ГМСН разработана единая ИАС ГМСН (информационно-аналитическая система государственного мониторинга состояния недр) по мониторингу подземных вод на трёх уровнях. Информационный фонд ГМСН включает данные: о геологическом строении, общих гидрогеологических

и инженерно-геологических условиях территории; государственного учёта вод и ведения мониторинга подземных вод о текущих и прогнозных ресурсах подземных вод и их качестве; о глубине залегания и режиме уровня подземных вод в среднем за 30-40 лет (по отдельным объектам наблюдения – более чем за 100 лет); о химическом и газовом составе, бактериологическом состоянии подземных вод; о результатах обследований влияния источников техногенного воздействия на состоянии недр; о загрязнении и очагах загрязнения подземных вод; о проявлениях экзогенных геологических процессов и факторах их активизации; о воздействиях экзогенных геологических процессов на населённые пункты и хозяйственные объекты и последствия этих воздействий. В 2019 г. «Гидроспецгеология» совместно с ФГБУ «Росгеолфонд» начинают формировать ЕФГИ (единый фонд геологической информации). Центром ГМСН ежегодно подготавливается «Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации», материалы которого используются, например, при подготовке государственных докладов, ежегодно осуществляется ведение дежурных карт состояния подземных вод по различным

показателям, а также составляются прогнозные карты состояния подземных вод. В процессе стационарных наблюдений за состоянием подземных вод изучается их гидродинамический и гидрохимический режимы. При изучении гидродинамического режима подземных вод наблюдения ведутся за их уровнями и напорами, расходами и температурой, при этом основное внимание уделяется тем водоносным горизонтам, воды которых используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения. Основными потребителями спутниковой информации являются МПР России и его подразделения, МО, МЧС России, РАН, национальные гидрометеослужбы стран СНГ и др.

Но в последнее время увеличение масштабов наводнений представляет определённую опасность с условием сохранения общего числа за год. События 2019 г. показывают, что разработанных отдельными службами предупредительных мер становится недостаточно. В конце июня 2019 г. в Прибайкалье произошла катастрофа, не повторяющаяся несколько веков, затопив огромную территорию с жертвами среди населения (25 погибших, 6 – без вести пропавших), потерей жилья (233 дома) и разрушением инфраструктуры – по предварительным данным – Р40 млрд. ущерба. Экономические показатели последствия ещё разнятся. Причина в нетипичности наводнения? Последние десятилетия в регионе отмечались маловодье на р. Ангара и оз. Байкал и засуха. Угрожающим природным явлением стали лесные пожары. В 2018 г. осадков выпало выше среднего, а в 2019 г. задокументировано самое сильное в районе наводнение. Первой причиной послужила синоптическая ситуация. Всю вторую половину июня в северной части Восточной Сибири господствовал блокирующий антициклон. На его южной периферии расположился малоподвижный атмосферный фронт, смещённый к западу, что не характерно для глубокой маньчжурской депрессии. В тёплое полугодие циклоническая активность в Восточной Сибири объясняется муссонным типом циркуляции: зимой сухо, летом влажно – обычная обстановка. Но в силу «блокирования» увлажнение получилось избыточным. Сильные и очень сильные дожди продолжались несколько недель. Второй – нетипичность сильных паводков. Несмотря на то, что местоположение у водоносных массивов Восточного Саяна, мощных паводков люди не помнят. Большие массивы воды обрушивались на предгорья, но не на равнину, где сосредоточены поселения, испытывающие ранее остаточные явления, поэтому инфраструктура развивалась без опаски на сюрпризы природы. Третьей – сложная орография региона. История Приангарья не знала

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

катастрофических паводков со стороны близко расположенных Восточных Саян. Но такой расклад действовал, пока объём выпавших осадков вкупе с активным снеготаянием не превысил определённый порог. Как только «критическая масса» оказалась достигнута, волна паводка за считанные часы обрушилась на густонаселённые районы Иркутской области и Красноярского края (рис. 4).

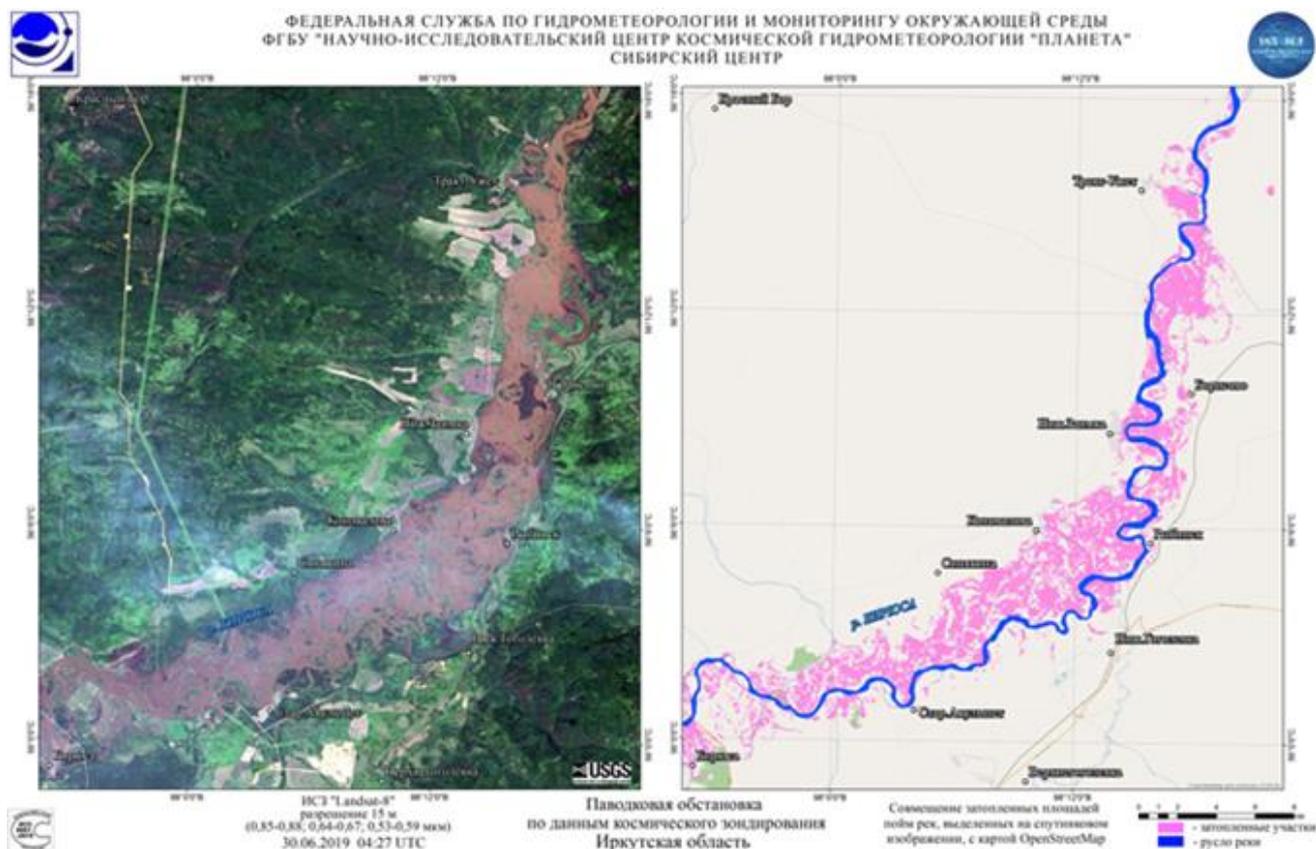


Рисунок 4 - Зоны затопления, полученные по космическим снимкам и размещённые на картах НИЦ «Планета», Сибирский Центр [7]

Стоит обратить внимание на показатели мониторинга и сбора информации ФГБУ «Авиаметтелеком» Росгидромета [8], к каким относится сдвиг ветра: интенсивность конвекции, атмосферные фронты, границы инверсий температуры воздуха, влияние орографии, электромагнитные характеристики, выброс токсичных химических веществ (например, SO_2), динамическая турбулентность, низкотропосферные струйные течения и ряд других, что характеризует неблагоприятные атмосферные условия. Следует отметить, что прогноз представляется по новым методам, среди которых TAF (автоматизированная верификация полётов), относящийся к системе менеджмента качества международного мониторинга. Изучение

механизма возникновения, распада, феоормообразования, выбор характеристик для описания струйного течения (СТ, масштаб циркуляции А,) производится около 50 лет и отмечается связь формы СТ с проявлением блокирующих антициклонов (циклонов). Также изучается формирование смерчей, шквалистых ветров (масштаб циркуляции Д, мелкомасштабные). Изучение связи между масштабированием может также привести к уточнению прогнозов. Не последнюю роль в определении комплексных показателей опасностей при составлении как среднесрочных, так и долгосрочных прогнозов наводнений играет институт географии РАН. Наблюдение изменений в криосфере Арктической зоны и высокогорных районах оказывают в основном негативное воздействие на гидроэнергетику, инфраструктуру, транспорт, качество пресной воды, продовольственную безопасность, туризм и отдых, здоровье и благополучие, культурные и социальные ценности. Но при изучении климата мониторинг показывает, что отмечается замедление меридиональных процессов и вторжение стоковых ветров Арктики вглубь Евразии. Это становится актуальным при прогнозировании масштабных последствий.

Логичным принятие решения может стать тогда, когда каждая из служб сможет обладать достаточным блоком информации и компетенций в конкретной ситуации в условиях формирования новых норм и взаимоотношений. И тогда мониторингом безопасности можно назвать систему протяжённых во времени и пространстве регулярных, соответствующих уровню угрозы (опасности, вызова) наблюдений и контроля динамических показателей нормируемых свойств объектов, среды и (или) потоков, способная предотвращать ущерб жизненно важным устоям личности, общества и государства, обеспечивать состояние их защищённости, перманентно реагировать на изменение свойств существующих мер безопасности и адаптировать их к системе мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [3]. Составление достоверных прогнозов разной срочности требует совмещённой оценки многочисленных параметров, и введение ограничений на набор показателей может пропустить оптимальные условия при развитии неблагоприятных ситуаций. Росприроднадзор выполняет контроль всех служб погоды и климата и не подвергается реорганизации при выполнении национального проекта «Экология». Выработка климатических норм также требует системного подхода в составлении

аналитических результатов для принятия решений на всех уровнях управления. Постановлением Правительства РФ от 21.09.2019 г. № 1228 Российская Федерация приняла Парижское соглашение. Международно-правовой инструмент начинает играть важную роль в прогнозировании экстремальных процессов при проведении мониторинга безопасности.

Список использованных источников

1. Шаповалова Г.Н., Тугушов К.В., Бурцева Т.Н. К проблеме комплексного решения задач мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов. Сборник материалов XXVII Международной научно-практической конференции, 16 марта 2017 года. – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2017. С.36-40.

2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. Росгидромет. С.-Пб. 2019. 55 с.

3. Глобальная и национальная стратегии управления рисками катастроф и стихийных бедствий. XX Международная научно-практическая конференция по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 19 -21 мая 2015 г., Москва, Россия. Тезисы докладов МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015 г.

4. Тулаев И.А., Шаповалова Г.Н., Тугушов К.В., Бурцева Т.Н. Мониторинг безопасности. Часть I. Методологические основы мониторинга безопасности. Системы и организация мониторинга безопасности (учебное пособие). Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2016. - 181 с.

5. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2013 году». – М.: НИИ-Природа, 2014. 270 с.

6. Обзор состояния системы гидрологических наблюдений, обработки данных и подготовки информационной продукции в 2018 году. Росгидромет. 2019. С.8.

7. Причины катастрофического паводка в Восточной Сибири — объяснение метеоролога. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/klimat/32269-prichiny-katastroficheskogo-pavodka-v-vostochnoy-sibiri-obyasnenie> (дата обращения: 19.09.2019).

8. Гюлишанян Л.Н. Риски, связанные с неблагоприятными метеоусловиями. [Электронный ресурс]. URL: <https://ppt-online.org/203992> (дата обращения: 19.09.2019).

**Риск возникновения пожаров по месяцам года,
произошедшим в Российской Федерации в 2014-2018 гг.**

Т.А. Чечетина, В.С. Гончаренко

*ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России*

Распределение количества пожаров по месяцам года связано с изменением значений (колебаниями) климатических параметров сезонов года и природно-климатических особенностей территорий Российской Федерации.

В зависимости от географического месторасположения каждый субъект Российской Федерации расположен в определенном климатическом районе. Для территории Российской Федерации присущи следующие основные климатические районы: очень холодный, холодный, умеренно холодный, умеренный, умеренно влажный и умеренно теплый. Климатические районы характеризуют определенные климатические условия и особенности, которые в той или иной мере способствуют формированию обстановки с пожарами.

Опасность возникновения пожаров по месяцам года обусловлена влиянием на обстановку с пожарами таких природно-климатических факторов, как температурные характеристики воздуха, атмосферные осадки, высота над уровнем моря, а также влажностные характеристики воздушных масс. Климатические факторы могут оказывать различное влияние на обстановку с пожарами. Причем в одном случае усиливающее воздействие на формирование обстановки с пожарами, а в другом - тормозящее. Например, обильное количество атмосферных осадков и низкая температура атмосферного воздуха может значительно увеличивать время следования оперативных подразделений МЧС к месту возникновения пожара и создавать определенные трудности при ликвидации пожаров и последствий чрезвычайных ситуаций. С другой стороны высокая влажность атмосферы и выпадение жидких осадков могут создавать дополнительные условия для успешной локализации лесных пожаров.

Природно-климатические параметры также влияют и на состояние оперативно-тактической деятельности ГПС, связанной с тушением пожаров и ликвидацией чрезвычайных ситуаций. Здесь также отмечается устойчивая сезонность распределения показателей оперативной

деятельности. Например, среднее время прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту пожара и среднее время тушения пожара сильно зависит от времени года. Наибольшее время, затраченное подразделениями ГПС на прибытие к месту пожара и тушение, приходится на осенне-зимний период года. Соответственно, минимальная нагрузка на оперативные подразделения ложится на летний период.

Характер статистических распределений пожаров и их последствий по месяцам года свидетельствует о наличии устойчивой сезонной зависимости колебаний показателей обстановки с пожарами. Значительные сезонные колебания с пиковыми значениями в переходные периоды наблюдаются с переходом от осени к зиме и от весны к лету.

На территории России из года в год наблюдается неравномерное распределение пожаров по месяцам года. Как показано на рис. 1, наибольшее количество пожаров возникает в зимний период года, с пиковыми значениями, приходящимися соответственно на январь и декабрь месяцы. Минимальные значения соответствуют летним месяцам года июнь и июль.

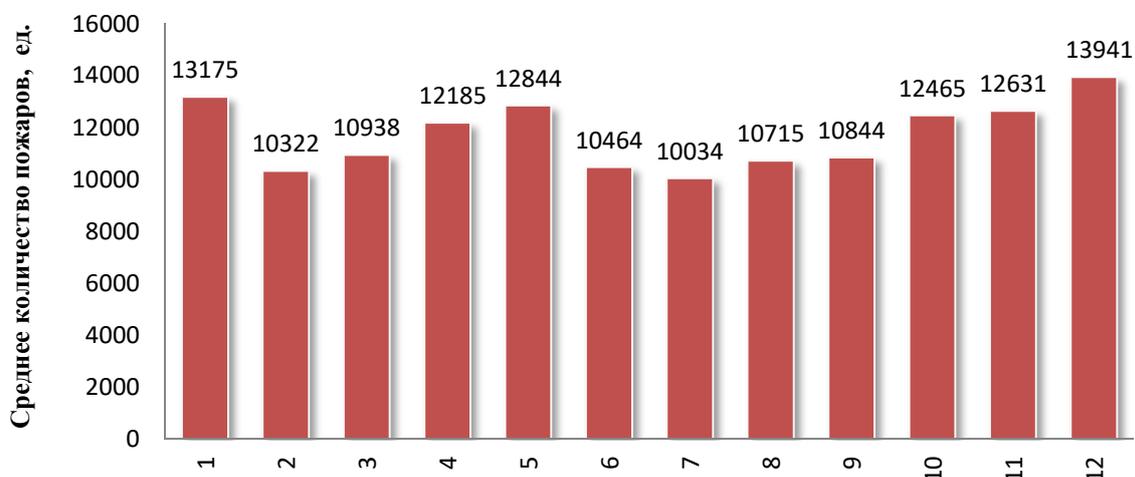


Рисунок 1 - Распределение пожаров в Российской Федерации по месяцам года за 2014-2018 гг.

Распределение погибших людей при пожарах складывается следующим образом, как видно из рис. 2. Наибольшее количество погибших людей при пожарах приходится на зимние месяцы с максимальными значениями в январе и декабре. В летние месяцы отмечается снижение количества людей погибших при пожарах.

Минимальные значения приходятся на самые теплые месяцы года июнь, июль, август.

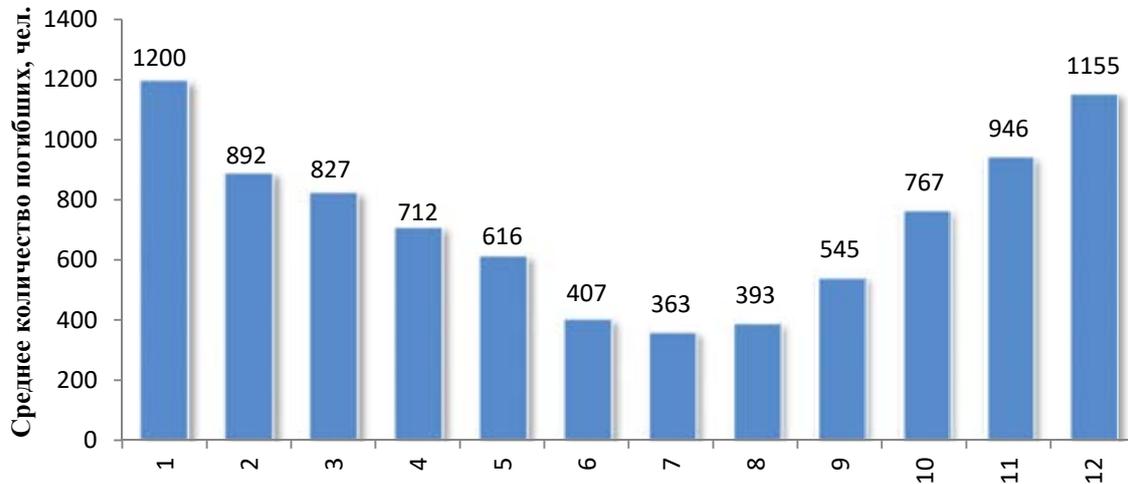


Рисунок 2 - Распределение погибших людей при пожарах в Российской Федерации по месяцам года за 2014-2018 гг.

Сезонное распределение количества травмированных людей при пожарах (рис.3). В холодный период года наблюдается тенденция роста с максимальными значениями в декабре и январе месяцах. Минимальное количество травмированных на пожарах людей в июле и сентябре месяце.

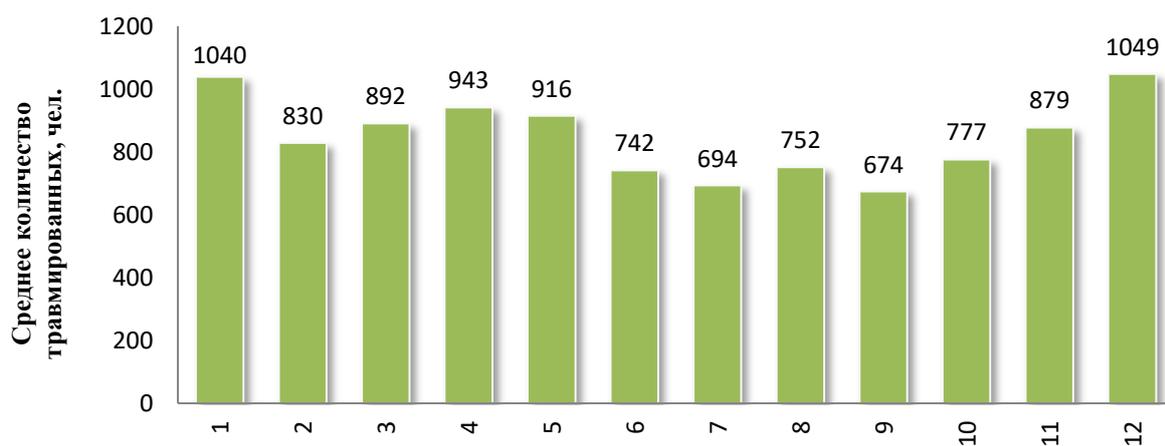


Рисунок 3 - Распределение травмированных людей при пожарах в Российской Федерации по месяцам года за 2014-2018 гг.

Распределение значений материального ущерба от пожара также имеет свою сезонную особенность в распределении по месяцам года. Колебания его значений примерно соответствуют сезонам года. Для зимнего периода самый высокий материальный ущерб в январе, летнего сезона – июнь и осеннего – октябрь месяц. Весенний период, где максимальные значения приходятся на март месяц, как показано на рис. 4.

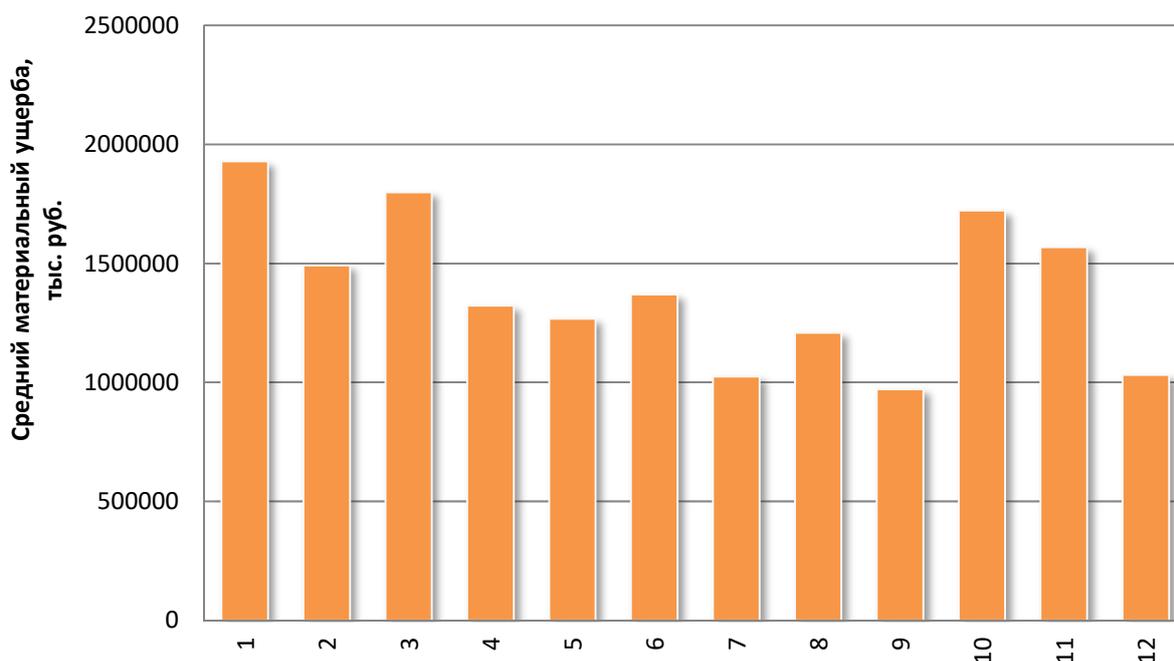


Рисунок 4 - Распределение материального ущерба от пожаров в Российской Федерации по месяцам года за 2014-2018 гг.

Причины возникновения пожаров связаны в той или иной мере к определенному сезону (периоду) года. Для зимнего периода года наиболее характерными пожарами являются пожары по причине нарушения правил устройства и эксплуатации (НПУиЭ) печей и теплогенерирующих приборов, перегрузки и короткого замыкания электропроводки, как показано в таблице.

По федеральным округам Российской Федерации наблюдаются аналогичные тенденции сезонных распределений значений показателей обстановки с пожарами, которые соответствуют сезонным особенностям в целом по России. Однако при этом для каждого федерального округа характерны свои особенности.

Таблица 1 - Распределение количества пожаров в Российской Федерации по месяцам года за 2014-2018 гг. по причине пожара

Причина пожара	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Поджог	1094	1007	1295	1482	1606	1387	1387	1548	1555	1522	1222	1019
Неиспр. производств. оборуд-я, НТП произв-ва	38	35	35	31	39	45	47	52	46	52	57	45
НПУиЭ электрооборудования	4091	3238	3301	3359	3663	3034	2936	3016	3025	3521	3706	4253
НПУиЭ печей и дымовых труб	3233	2125	1605	1322	1426	952	771	857	1247	2142	2705	3170
НПУиЭ теплогенерирующих агрегатов и установок	81	64	47	42	33	23	25	35	34	60	75	81
НПУиЭ газового оборудования	94	101	84	98	88	85	88	107	78	80	86	110
Неосторожное обращение с огнем	3093	2592	3395	4647	4594	3553	3294	3669	3590	3733	3408	3689
НПУиЭ транспортных средств	1023	822	753	704	766	710	775	770	727	783	848	1035
Другие причины	331	268	326	394	511	560	607	583	420	415	364	362
Причина пож. не установлена	97	89	98	125	119	115	106	101	122	157	162	177

Во-первых, смещение пиковых значений сезонных колебаний по месяцам года. В субъектах с холодным климатом они наступают с некоторым запозданием по сравнению с субъектами с теплыми климатическими условиями.

Во-вторых, субъекты, расположенные в холодном и очень холодном климатических районах характеризуются большими относительными числовыми значениями показателей обстановки с пожарами по сравнению с субъектами расположенными в умеренно теплом, влажном климатических районах.

Снижение значений показателей обстановки с пожарами отмечается в субъектах, расположенных в климатических районах с умеренно-теплым и влажным климатами по отношению к субъектам с очень холодным и холодным климатами. Причем, чем территориально южнее расположен тот или иной субъект РФ, тем меньшие значения показателей обстановки с пожарами ему присущи (рис. 5).

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

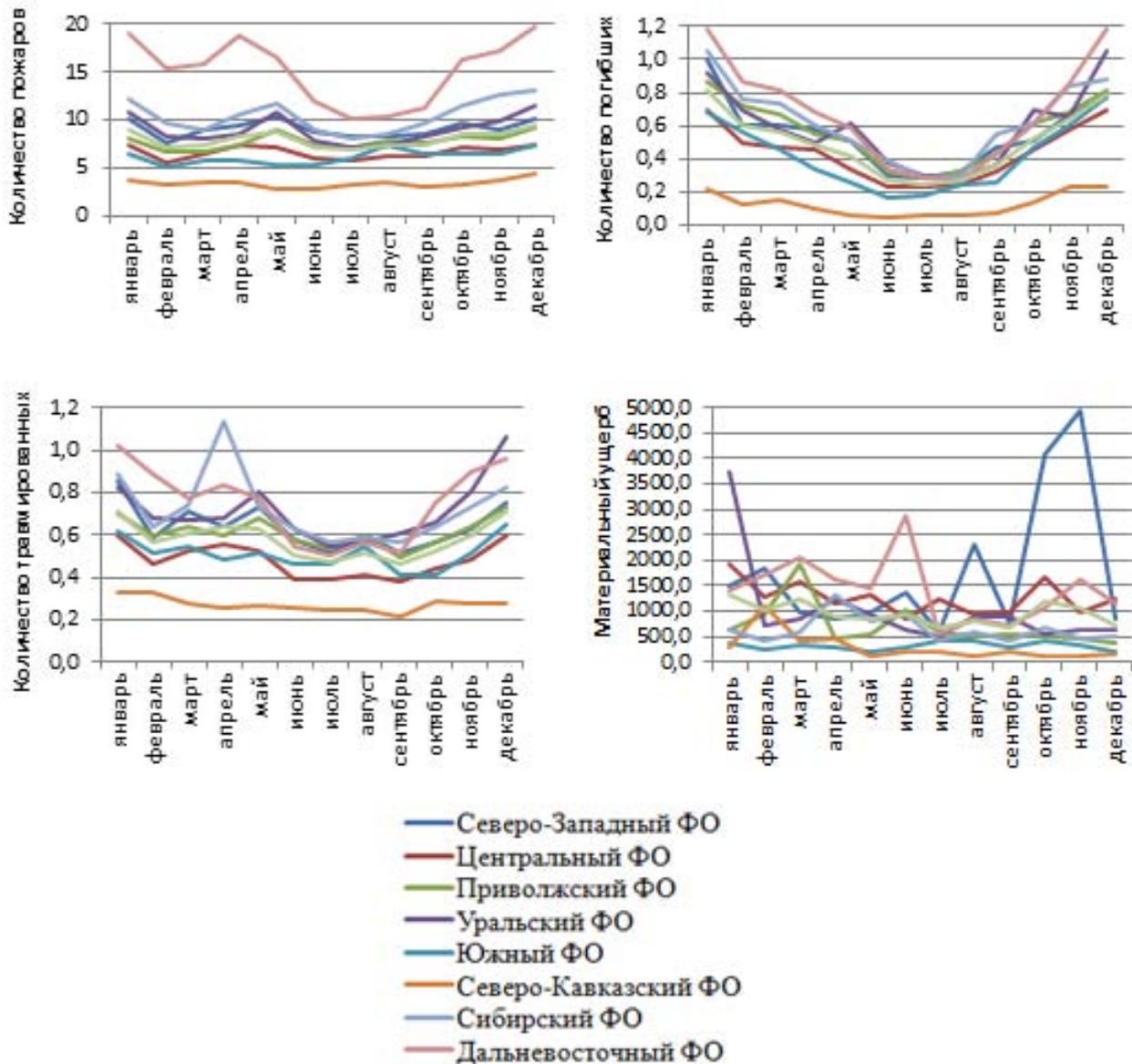


Рисунок 5 - Распределение среднего количества пожаров, погибших и травмированных людей в расчете на 100 тыс. населения, материального ущерба от пожаров в расчете на один пожар по федеральным округам России за 2014-2018 гг.

Риск возникновения пожаров по месяцам года имеет ярко выраженный сезонный характер. В зависимости от сезона года наблюдаются тенденции увеличения или снижения значений показателей обстановки с пожарами. Наибольшие значения показателей обстановки с пожарами соответствуют пиковым сезонным значениям года. Для различных субъектов сезонные колебания значений показателей обстановки различные по месяцам. Это связано с тем, что для каждой территории России присущи свои природно-климатические особенности.

На формирование обстановки с пожарами и их последствий в значительной степени влияют: температурные характеристики наружного воздуха, атмосферные осадки, высота над уровнем моря, влажностные характеристики воздушных масс.

Список использованных источников

1. О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий. Приказ МЧС России от 24.12.2018 №625. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Методологические подходы к выбору и принятию решений о тушении лесных пожаров

Т.А. Саулова, В.И.Бас

*ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева*

Цена, которую общество вынуждено платить за необоснованные экономические, экологические, социальные решения в современных условиях, резко возросла. Цена бездействия в отношении своевременной локализации очагов чрезвычайных ситуаций (ЧС) также велика. При этом скорость принятия решений напрямую оказывает влияние на величину ущерба и потерь. Бесспорно - мера ответственности лиц, принимающих такие решения, одновременно увеличивается.

Как никогда ранее, усилилась взаимная зависимость всех руководителей, участвующих в принятии решения о локализации очагов чрезвычайных ситуаций. Необходимость выполнения аналитической части этой работы обусловлена все возрастающими требованиями к качеству управления в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайные ситуации характеризуются стохастическими сложными, иногда уникальными условиями и требуют привлечения специалистов-экспертов для принятия решений. Всё чаще современный руководитель должен принимать решение о локализации очага чрезвычайной ситуации, опираясь не только на интуицию или инструкцию, а используя соответствующий инструментарий для поиска лучшего варианта решения и его обоснования.

Основная задача экспертов сводится к разработке альтернативных вариантов решений, оценке их достоинств и недостатков с точки зрения последствий выбора. Для результативности выбора, предполагающего минимизацию всех последствий чрезвычайной ситуации, эксперты должны обладать знаниями о существующих методах и средствах поддержки принятия решений, уметь применять такой инструментарий на практике. Стоит отметить, что чрезвычайную ситуацию с катастрофическими последствиями лесных пожаров, сложившуюся в Сибири и на Урале летом 2019 года, получившую скандальный и криминальный оттенок, при участии грамотных специалистов и руководителей и таком подходе, можно было избежать.

Основой для использования математических методов при принятии решений в ЧС может служить «теория игр», методы «общей теории систем», «теория принятия решений».

В частности, «теория игр» предполагает изучение оптимальных стратегий в игре – процессе, в котором участники двух и более сторон используют свою стратегию и стремятся к выигрышу. Выигрыш или проигрыш зависит от поведения всех участников. При условии четких представлений о ресурсах, о возможных изменениях в поведении участников «теория игр» может помочь выбрать лучшие стратегии [1].

Если рассмотреть чрезвычайную ситуацию, связанную с возникновением и развитием лесных пожаров, то в качестве участников «игры» здесь выступают: с одной стороны – человек, силы и средства лесопожарной охраны, с другой – природа, характеризующаяся неполнотой информации о факторах пожара. Особенность игры с природой заключается в том, что природа не стремится извлечь выгоду из ошибочных действий человека и не противодействует ему.

Необходимо отметить, что технология математической поддержки принятия решений в ЧС предполагает получение необходимой информации о ЧС, их последствиях и принятых мерах из различных источников. В зависимости от полноты полученной информации о ЧС, расчет может производиться с помощью различных, наиболее точных методик.

Мероприятия по предупреждению и ликвидации ЧС готовятся не только на основе расчётных задач, но и с использованием накопленных баз знаний, учитывающих опыт проведения оперативных работ по локализации ЧС, новые методы и технологии ликвидации их последствий. Большое значение при этом имеют оперативные спутниковые данные:

- информация для оценки метеообстановки;
- регистрация зон с подозрениями на лесные пожары;
- оценка характеристик действующих пожаров;
- оценка площадей, пройденных огнем;
- оценка степени повреждений лесов на площадях, пройденных огнем;
- определение типов территории, на которой действуют пожары;
- уточнение площадей пройденных огнем на основе анализа данных высокого пространственного разрешения; комплексный анализ

данных об отдельных пожарах, в том числе для проверки информации, предоставляемой региональными службами;

– уточнение картографической информации; выявление «устойчивых огней» [2].

Для работы с этой информацией создана распределенная автоматизированная система сбора и обработки спутниковых данных, которая позволяет в настоящее время оперативно получать информацию практически по всей территории России. Система позволяет в настоящее время получать данные ежедневно, частота их получения для отдельных регионов может превышать 24 раза в сутки. В настоящее время в систему автоматически поступают данные результатов детектирования пожаров из центров России и США, обеспечивая покрытие всей территории России при 3-х-5-кратном дублировании приема. Это обеспечивает достаточно устойчивое поступление в систему оперативных данных.

Существуют две противоположные точки зрения на роль формальных методов при решении практических проблем выбора. Люди, профессионально не владеющие математическими методами, нередко считают, что любая проблема может быть формально переведена на язык математики и потом решена ее средствами. Другие полностью отвергают такие возможности. Действительность же гораздо сложнее этих крайних утверждений. Чрезвычайные ситуации, требующие оперативного принятия решения, содержат, как правило, большое число неопределенных факторов, которые влияют как на формальную постановку задачи, так и на средства ее решения. Эти неопределенные факторы можно в самом общем виде разбить на три группы. Прежде всего, это так называемая неопределенность природы, т. е. факторы людям попросту неизвестные или от них не зависящие. Затем — неопределенность человека, который может вести себя непоследовательно, противоречиво, допускать ошибки, зависеть от других лиц (партнеров, противников и т. д.), чьи действия он не может полностью учесть или предвидеть. И наконец, неопределенность целей, которые могут различаться и не совпадать [3].

Примером могут служить обстоятельства лесопожарной обстановки летом 2019 года в Сибири. Напомним, что вся территория лесного фонда делится в настоящее время на следующие зоны мониторинга:

- наземного и авиационного мониторинга;
- космического мониторинга первого уровня;
- космического мониторинга второго уровня.

В зоне наземного и авиационного мониторинга осуществляют выявление и тушение лесных пожаров с применением авиации и авиапожарных команд. К зоне космического мониторинга первого уровня относятся удаленные и труднодоступные территории, на которых авиапатрулирование не производится и не планируется, а тушение лесных пожаров выполняется только при наличии угрозы населённым пунктам или объектам экономики. К зоне космического мониторинга второго уровня относятся территории, на которых плановое авиационное патрулирование не проводится. Таким образом, уровень интенсивности реагирования заранее определен. Так региональные комиссии по ЧС получили право закрывать на пожары глаза, если "прогнозируемые затраты на тушение превышают прогнозируемый вред" и если огонь не угрожает населённым пунктам и инфраструктурным объектам. Региональные власти субъектов Российской Федерации реагирование на тушение лесных пожаров связывают с «экономической нецелесообразностью», оценивая только затраты на тушение. При этом всесторонняя оценка ущербов от пожаров не учитывается.

Необходимо отметить, что лесопожарная обстановка в Сибири, сложившаяся в весенне-летний период 2019 года, когда общая площадь лесных пожаров составила около 3 млн. га, требует иного подхода к определению критериев для реагирования. По нашим приблизительным оценкам суммарный ущерб, включая косвенный, составил 32,5 млрд. руб., сгорело леса около 5 млн. куб. м на сумму 360 млн. руб. Затраты на тушение на август 2019 г (тушение продолжилось) составили более 1 млрд. руб. Это ущерб, который можно оценить в денежном эквиваленте. Косвенный ущерб от пожаров проявляется в уничтожении растительного и животного мира экосистемы, эрозии и опустынивании почвы; ухудшении состояния биосистем в водоемах, оказавшихся в зоне бедствия. Кроме того, выбросы в атмосферу огромного количества токсичных газов приводят к угрозе здоровья и жизни населения, оказавшегося в зоне задымления. Так по данным МЧС России от пожаров 2010 года пострадали 17 регионов, смог повлиял на общий показатель смертности - за год количество умерших выросло на 20 тыс. человек [2]. А смог от пожаров в Сибири охватил практически всю территорию России. Очевидно, что косвенный ущерб от лесных пожаров значительно превышает затраты на их тушение и ущерб от сибирских лесных пожаров 2019 года вряд ли будет оценен когда-нибудь в полной мере. В связи с этим, деление территории лесного фонда на зоны приоритетности

реагирования являются не обоснованными с точки зрения учёта не только потребительских, хозяйственных, а ещё и общечеловеческих, экологических ценностей.

В наш век неблагоприятных экологических прогнозов как никогда необходим неформальный подход к реализации государственной политики в области обеспечения национальной безопасности - предупреждение чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, очевидно, что социально-экономические результаты превентивных действий, предотвращающих развитие пожаров и урон от них, гораздо более важны и эффективны для граждан, общества и государства, чем их ликвидация. Сейчас специальные знания в области техногенной деятельности человека получают только экологи – специалисты, которые мало востребованы на рынке труда, а те специалисты и руководители, которые принимают ответственные решения, рассуждают о целесообразности мер по спасению природы и здоровья людей – не имеют этих знаний.

На наш взгляд, целесообразность принятия мер по предупреждению лесных пожаров должны оценивать грамотные прогрессивные руководители и специалисты, основываясь не только на потребительских ценностях, они должны в обязательном порядке учитывать все экологические последствия непринятия своевременных предупреждающих мер. Таким образом, теория принятия решений может оказать существенную помощь в анализе и решении сложных проблем оперативных действий в ЧС, но только лишь тогда, когда её методологические и математические средства применяются соответственно их возможностям, не преувеличивая и не умаляя их роли в процессе поиска решения. В связи с этим, «теорию принятия решений» вернее было бы назвать «теорией поиска и обоснованного выбора» наиболее предпочтительных для человека вариантов решения проблемы.

Очевидно, что полностью свести задачи с неопределенностью к корректно поставленным математическим задачам нельзя в принципе. Для того, чтобы сделать возможным их решение, необходимо уменьшить, «снять» неопределенность. С этой целью проводится содержательный анализ проблемной ситуации, делаются предположения и вводятся упрощения в постановку задачи. Средства, входящие в состав методов принятия решений, очень часто позволяют получить дополнительную информацию, нужную для формализации реальной проблемной ситуации

и приведения ее к виду, пригодному для использования математических методов и получения приемлемого результата.

Говоря о практической применимости методов принятия решений, следует особенно подчеркнуть, что должны существовать как объективные внешние обстоятельства (ответственность, реализация требований законов на практике), так и субъективные внутренние условия (компетентность, нравственность), которые побуждали бы человека-руководителя, ответственного за решение стоящей проблемы, специалиста, аналитика искать лучшие варианты ее решения. Без такой потребности спрос на научно обоснованные методы выбора будет невелик [1; 3].

Список используемых источников

1. Кудрин А.Ю. Система поддержки принятия решений в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от ЧС // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог, 2006. – № 3. – 46 с.

2. Сайт МЧС России [Электронный ресурс] – URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/87241/> (дата обращения: 05.10.2019).

3. Петровский А.Б. Теория принятия решений: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.

Мониторинг зоны контроля лесных пожаров Сибири

Д.П. Зайкина, С.Н. Шишлянникова

СФУ Института Нефти и Газа

8 октября 2015 года на территории Российской Федерации вступил в силу приказ №426 «О внесении изменений в Правила тушения лесных пожаров, утверждённые приказом Минприроды от 8 июля 2014 г. №313».[1] К изменениям, которые вносятся в правила тушения лесных пожаров, относится п.8.1 о тушении пожара в зоне контроля. Согласно приказу, прекращение, приостановка работ по тушению пожара в зоне контроля лесных пожаров при отсутствии угрозы населенным пунктам или объектам экономики в случаях, когда прогнозируемые затраты на тушение лесного пожара превышают прогнозируемый вред, осуществляется на основании решения Комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации.

С 26 июня 2019 года в сибирских регионах фиксировалось ухудшение лесопожарной обстановки.[2] На территории Красноярского края, Иркутской области, в районах на Дальнем Востоке был введён режим чрезвычайной ситуации. 31 июля дым от горящих лесов Сибири достиг территории Аляски и западного побережья Канады (данные NASA). По данным лесопожарного центра, на 7 августа 1,5 миллиона гектаров леса Сибирского федерального округа были охвачены пожаром. В Челябинске, Омске, Новосибирске, Красноярске лесные пожары привели к задымлению и смогу. 17 августа 2019 года в рейтинге AirVisual Красноярск занимал первое место в мире по загрязнению воздуха(AQI=178, где AQI-Индекс Качества Воздуха).[3] По данным Greenpeace, к августу 2019 года на территории Сибири количество выброшенного углекислого газа в атмосферу достигло рекордного уровня(166 млн тонн). В ходе пожаров создавалась реальная угроза уничтожения экономически используемого лесного фонда России.

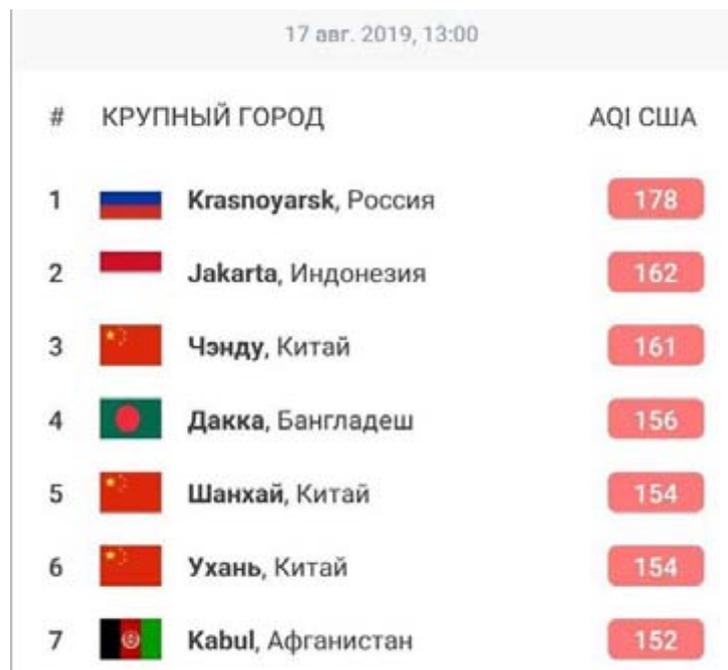


Рисунок 1 - Мировой рейтинг загрязнения воздуха AirVisual, 17 августа 2019 г.

Согласно данным Рослесхоза, 561,2 млн гектаров территории Российской Федерации относится к зоне контроля (в том числе север Красноярского края, республика Якутия, Магаданская область, часть Хабаровского края). [4] Региональные власти Сибирского Федерального округа отнесли территории, подвергавшиеся пожарам летом 2019 года, к зонам контроля лесных пожаров, тушение которых экономически невыгодно.

В зоне контроля оказался Туруханский район, численностью населения 15660 человек, Эвенкийский район, численностью населения 15733 человек, Катангский район, численностью населения 3318 человек, Бодайбинский и Мамско-Чуйский районы с населением 17717 и 3787 человек соответственно. По данным Главного управления МЧС России по Иркутской области, на 7 августа в зоне задымления находилось 14 населенных пунктов Катангского района.

В целях ликвидации угрозы лесному фонду Сибири предлагается:

1. Сокращение зон контроля пожаров за счёт исключения из них:

1.1. населённых пунктов (а также близлежащие территории);

1.2. лесов, используемых в рекреационных целях;

1.3. лесов, используемых в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности при условии, что очистка мест рубок производится огневым способом;

1.4. территорий, относящихся к особо охраняемым природным территориям (федерального, местного, регионального статуса).

2. Увеличение материально-технического снабжения и штата сотрудников государственной лесной охраны.

3. Привлечение к тушению пожаров в зоне контроля добровольной пожарной охраны.



Рисунок 2 - Зонирование охраны лесов по данным Рослесхоза(данные «Лесного форума GREENPEACE») [5]

Сокращение зон контроля пожаров позволит не допустить развития масштабных пожаров, поскольку тушение за пределами такой зоны является уже обязательным. В специально отведенных зонах контроля возгорание допускается не тушить, а вести пассивное наблюдение за распространением огня, если он не несет угрозы для населения. Примерами таких зон служат территории Крайнего Севера, а также таежные зоны, контролируемые авиалесоохраной.

Без участия населения и добровольной пожарной охраны невозможно решить в полной мере задачи по профилактике и по

реагированию на пожары на ранних стадиях. Малочисленность пожарных формирований в сельской местности, удаленность их от лесных массивов и малонаселенных пунктов на расстояния, увеличивающие регламентированное время прибытия подразделения на место пожара, состояние дорожной сети в совокупности создают ситуацию, при которой первые действия по тушению возлагаются на местное население и добровольцев. [6] Важной задачей, стоящей перед пожарным добровольчеством, является осуществление общественного контроля над тем, как государственные органы выполняют свои обязанности в области пожарной безопасности, насколько своевременно выделяются нужные силы и средства, как формируется официальная информация о пожарах.

Практическое осуществление мероприятий по предупреждению, обнаружению и тушению пожаров в лесах лесхозов возложено на государственную лесную охрану. [7] Увеличение своевременного, бесперебойного и комплектного материально-технического снабжения позволит повысить эффективность и скорость тушения пожара. Необходимым является увеличение численности лесничих, мастеров и лесников государственной лесной охраны. Они обеспечивают нужды промышленности и населения в древесине, охрану лесов от пожаров.

Поддерживая развитие современных технологий пожаротушения, можно утверждать: без наличия полноценной лесной охраны, лесных пожарных центров, службы авиационной охраны лесов, борьба с лесными пожарами будет проиграна.

Список использованных источников

1. О внесении изменений в Правила тушения лесных пожаров, утвержденные приказом Минприроды России от 8 июля 2014 г. №313: Приказ Минприроды России от 08.10.2015 № 426-Зарегистр. 30.10.2015-Москва: Минюст.России, 2015.

2. Оперативная информация о ситуации с лесными пожарами на территории Красноярского края [Электронный ресурс]: Пресс-центр Министерства лесного хозяйства Красноярского края – Режим доступа: <http://www.mlx.krskstate.ru/n>

3. Мировой рейтинг по индексу качества воздуха [Электронный ресурс]: AirVisual – Режим доступа: <https://www.airvisual.com/russia/krasnoyarsk-krai/krasnoyarsk>

4. Зоны контроля [Электронный ресурс]: Федеральное агентство лесного хозяйства – Режим доступа: http://rosleshoz.gov.ru/activity/forest_security_and_protection/fires/zones

5. Куксин Г.В. Кто контролирует пожары в зонах контроля? [Электронный ресурс]: Мнение эксперта GreenPeace – Режим доступа: <https://greenpeace.ru/expert-opinions/2019/07/24/kto-kontroliruet-pozhary-v-zonah-kontrolja-spojler-nikto/>

6. Комарова А.Ф., Крейндли М.Л., Куксин Г.В., Ярошенко А.Ю. Как бороться с пожарами на природных территориях. Методические рекомендации для добровольцев: Гринпис России. М., 2011.

7. Седнев В. А., Тетерина Н. В. Оценка мероприятий по обеспечению безопасности населенных пунктов от воздействия лесных пожаров: Академия ГПС МЧС России. М., 2016.

8. Цели и задачи деятельности КГКУ «Лесная охрана» [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesohr.ru/viewpage.php?page_id=4

**Мониторинг опасных природных процессов
с использованием беспилотных авиационных систем**

А.Ю. Карменичев, М.А. Шентяпина

*ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России*

Одной из первостепенных задач государства является защита населения и объектов жизнедеятельности от воздействия опасных природных явлений. В тоже время, наблюдаемые за последние десятилетия на всем земном шаре климатические изменения и возрастающее количество природных катастроф повышают роль служб, ответственных за предоставление достоверных метеопрогнозов.

Динамичность изменения природных погодных процессов вплоть до опасных и катастрофических явлений и возникновения природных чрезвычайных ситуаций является фактором, стимулирующим процесс модернизации и технического переоснащения системы гидрометеорологических наблюдений, а также поиска путей повышения эффективности ее деятельности.

Система оперативного гидрометеорологического обеспечения требует использования новых дистанционных и автоматических технических средств. Одним из путей повышения уровня информационной обеспеченности системы управления МЧС России, при планировании и проведении аварийно-спасательных работ, может стать использование для этой цели беспилотных авиационных систем (далее – БАС).

Беспилотные воздушные суда (далее – БВС) целесообразно применять для оперативной оценки текущей воздушной и наземной гидрометеорообстановки, в том числе поверхностного состояния акваторий. Одной из важнейших задач является своевременное выявление признаков опасных погодных природных явлений. Беспилотные летательные аппараты используются в тех случаях, когда необходимо быстро без риска для здоровья и жизни членов экипажей самолетов и вертолетов провести мониторинг. При этом выбор полетного задания, состав технических средств, необходимых для решения задач, режима обработки и передачи получаемой информации проводится таким же образом, как и при выполнении других задач.

Использование беспилотных летательных аппаратов при метеорологическом обеспечении может позволить оперативно и с меньшими экономическими затратами получать важные гидрометеорологические данные, в режиме реального времени наблюдать за состоянием атмосферы и подстилающей поверхности «глазами летчика». Помимо этого, БВС могут оснащаться дополнительной целевой нагрузкой, позволяющей получать количественные характеристики параметров атмосферы. Необходимо также отметить, что все видео- и фотоматериалы, а также различные измеряемые параметры регистрируются и могут использоваться как информационные ресурсы для объективного контроля и получения сведений о режиме погоды при составлении (обновлении) климатических описаний и справок.

Опасные природные, и связанные с ними погодные, явления принято характеризовать по происхождению, виду воздействия и проявления, продолжительности и регулярности действия, масштабу распространения, направленности развития.

В таблице приведен перечень основных гидрометеорологических явлений, для обнаружения которых возможно или даже целесообразно использование БАС.

Таблица - Основные объекты для ведения гидрометеорологических наблюдений и выявления опасных природных явлений с использованием БАС

Тип опасного природного явления	Опасное природное явление
Геолого-геоморфологическое	землетрясение, цунами, вулканическое извержение, обвалы, камнепады, оползни, сели, водоснежные потоки, лавины, обрушения и подвижки ледников, переформирование русел рек, оползание грунта (снега) на склонах
Климатическое и гидрологическое	ураганы, тайфуны, смерчи, шквалы, наводнения, грозы, градобития, морские штормы, ливни, снегопады, метели, гололед, изморозь, обледенение, деформации грунта, подтопление, абразия берегов морей и водохранилищ, ледовые явления на реках, пыльные бури
Экстремальное	падение метеоритов, ураганы, тайфуны, смерчи, шквалы, землетрясения, наводнения, цунами, извержения вулканов, обвалы, камнепады, оползни, сели, водоснежные потоки, лавины

К опасным природным явлениям следует также отнести торфяные (и иные) природные пожары, приводящие к задымлению атмосферы, изменению ее физических свойств и химического состава, ведущие к снижению полетной и приземной видимости для транспортных средств, а также влияющие на здоровье людей [1].

Воздушный мониторинг с использованием беспилотных летательных аппаратов представляет собой процесс периодического или непрерывного сбора информации о характере и параметрах объекта разведки для определения тенденций изменения его состояния.

В зависимости от решаемой задачи на беспилотном летательном аппарате могут устанавливаться соответствующие технические средства для ее выполнения, например, газоанализаторы, приборы радиационной или химической разведки, тепловизоры, видеокамеры, радиолокационная станция и т.п.

Использование для гидрометеорологических наблюдений БАС целесообразно осуществлять в следующих случаях:

при наличии признаков усложнения синоптической обстановки на отдельно стоящих метеостанциях, находящихся на большом удалении от других пунктов метеонаблюдения, когда возникает большая дискретность в получении данных от этих пунктов о фактической погоде и тенденций ее изменения;

для получения оперативной визуальной информации об окружающем воздушном пространстве при наличии краткосрочного прогноза ухудшения погоды или угрозы возникновения опасного природного явления в оперативном районе действий подразделений МЧС России.

Основными задачами, решаемыми в целях метеообеспечения и выявления опасных погодных явлений, следует считать:

– мониторинг пожароопасной обстановки, воздушная разведка очагов природных пожаров, мониторинг и оперативное выявление возникновения и динамики развития лесных и торфяных пожаров с целью определения координат очагов, границ и площади горения, зон задымления, вызывающих изменения в составе и физических характеристиках атмосферы, направления движения огня, удаления от объектов инфраструктуры;

– мониторинг паводковой обстановки, зон затоплений и наводнений;

– разведка ледовой обстановки на морях и реках;

- мониторинг лавиноопасных образований в горных районах, разведка районов обвалов, селевых потоков, схода снежных и каменных лавин;

- проведение радиационной и химической разведки местности в заданном районе;

- инженерная разведка районов пожаров, наводнений, землетрясений и других стихийных бедствий.

Для решения обозначенных задач целесообразно применять как БВС самолетного типа (для проведения воздушной разведки по маршруту полета), так и вертолетного типа (для дежурства на погодоопасных направлениях) [2].

В целях обнаружения аномалий условий обстановки может применяться метод сравнительного анализа снимков (изображений) различной хронологической давности.

БВС адаптируется к конкретным условиям применения и решаемым задачам как вариантом базирования (наземным, морским), так и выбором состава полезной нагрузки.

Полет БВС на мониторинг гидрометеобстановки необходимо планировать исходя из имеющихся данных фактической погоды и краткосрочного прогноза на период выполнения полетов.

Фиксирование фактического состояния гидрометеорологической обстановки с использованием бортовой полезной нагрузки БВС необходимо проводить путем полета по заданному маршруту или облета района возможного возникновения пожаров или опасных природных явлений, а также галсирования (барражирования) БВС в предполагаемом районе (квадрате) земной поверхности визуально и с помощью технических средств (ТВ, ИК систем и т.п.).

В зависимости от требуемой срочности полеты БВС могут выполняться:

- по плану (в установленное время);
- по вызову (решение вновь поставленной задачи);
- немедленно по готовности.

Полеты по плану осуществляются в случае, когда задача расчета БАС поставлена заблаговременно. В этом случае создаются благоприятные условия для организации последовательных действий и их всестороннего обеспечения. Пуски БВС выполняются в соответствии с планом полетов.

Действия по вызову осуществляются при необходимости получить

или уточнить данные о заранее заданных объектах или метеорологических явлениях по дополнительной команде.

Действия немедленно по готовности будут осуществляться в случае срочных, внезапно возникающих задач при угрозе проявления или наличия опасных природных явлений.

Основными практическими приемами применения БВС, управляемыми автоматически, являются:

- мониторинг зоны (сектора) воздушного пространства с одним проходом по заданному маршруту;
- мониторинг зоны (сектора) воздушного пространства с несколькими проходами по заданному маршруту;
- мониторинг заданного района с одним проходом над объектом;
- мониторинг заданного района с несколькими проходами над объектом;
- постоянное слежение за объектом;
- периодические проходы над объектом;
- прочесывание местности.

В зависимости от вида применяемого бортового оборудования (аппаратуры) БВС обеспечивают мониторинг объектов и территорий следующими способами: воздушным фотографированием, телевизионной, инфракрасной разведкой и в перспективе – радиационной разведкой. Способы дистанционной разведки могут применяться как отдельно, так и комплексно.

Мониторинг конкретных объектов ведется с высот, обеспечивающих достаточную полноту и достоверность получаемой об аварийном объекте информации и требуемую точность определения его координат. При визуальном поиске (с использованием видеокамер и ИК камер) БВС самолетного типа выполняют полет на высоте 500–600 м, вертолетного – на высоте 200–300 м над рельефом местности (препятствиями, водной поверхностью). Высота полета может уточняться в зависимости от особенностей района разведки, дальности радиовидимости между наземной станцией управления и БВС, метеорологических условий, уровня подготовки оператора (внешнего пилота) и дальности обнаружения различных объектов на местности [3].

Метеорологическая разведка включает инструментальные и визуальные методы наблюдения за погодой в определенном районе в заданный момент (промежуток времени). Проводится в целях определения (уточнения) зон облачности, осадков, грозных явлений,

направления и скорости перемещения атмосферных фронтов и других явлений погоды.

Воздушная разведка погоды проводится в целях уточнения информации о метеорологической обстановке, полученной с помощью инструментальных средств, и определения возможного ее изменения в заданный период времени.

В процессе воздушного мониторинга оператор БАС с использованием бортовой целевой полезной нагрузки БВС определяет и фиксирует:

- количество, форму, высоту нижней и верхней границ облаков;
- количество облачных слоев и условия полета в них, явления погоды;
- районы с опасными явлениями погоды;
- полетную видимость;
- видимость естественного горизонта;
- температуру воздуха, направление и скорость ветра по высотам (при наличии соответствующего оборудования на борту БВС), наличие и степень обледенения;
- орнитологическую обстановку в заданном районе и на маршруте полета.

При обнаружении в процессе проведения воздушной разведки наземного опасного природного явления (объекта), природной ЧС оператору необходимо определить и зафиксировать:

- время обнаружения и координаты объекта;
- наблюдаемое состояние и положение объекта;
- фактическую погоду в районе объекта (по возможности);
- данные о рельефе и состоянии земной (водной) поверхности (волнении моря, ледовой обстановке) в районе объекта;
- видимые результаты предпринятых ранее мер для адекватного реагирования на ситуацию или свои предложения о проведении необходимых мероприятий;
- данные об ущербе, нанесенном на местности [2].

Полученная в результате воздушной разведки гидрометеорологической обстановки информация незамедлительно по имеющимся каналам связи передается в вышестоящую инстанцию и используется для оценки обстановки при принятии решения на характер, способы и последовательность действий подразделений МЧС России в реальных условиях.

Если при выполнении воздушной разведки метеообстановки на устойчивость и управляемость БВС начинают воздействовать неблагоприятные факторы опасных явлений погоды и продолжение полета становится небезопасным, оператор (внешний пилот) расчета БАС обязан принять все возможные меры к выводу БВС из них. В зависимости от изменившихся условий принимается решение о продолжении или прекращении полетного задания.

Таким образом, использовании БАС в качестве инструмента для получения оперативных гидрометеорологических данных и совокупность получаемых при этом преимуществ позволяет рассматривать беспилотную авиацию как перспективное средство в общей структуре информационного обеспечения деятельности МЧС России по предупреждению и ликвидации природных чрезвычайных ситуаций.

Список использованных источников

1. Расторгуев И.П. Беспилотные технологии мониторинга погодных условий // Гелиогеофизические исследования. – 2014. – № 8. – С. 51-54.
2. Методические рекомендации по применению беспилотных летательных аппаратов в целях оперативного обнаружения и прогноза опасных природных явлений и обеспечения мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характер. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2016. 90 с.
3. Разработка тактики применения воздушных роботизированных комплексов при ликвидации ЧС подразделениями МЧС России: отчет о НИР/ ФГУ ВНИИПО МЧС России; рук. Цариченко С.Г.; исполн. Савин М.В., Картеничев А.Ю. – 2007. – 137 с.

Система мониторинга чрезвычайной ситуации, вызванной провалами грунта в городе Березники Пермского края

А.В. Топоров

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Одним из результатов все более интенсивного освоения недр стало глобальное изменение экологической и геодинамической безопасности природной среды. Известно, что интенсивная добыча полезных ископаемых привела к увеличению нагрузки на недра и, как следствие, к перераспределению напряженно деформируемого состояния. В связи с этим, вопросы мониторинга процессов деформирования земной поверхности в регионах с интенсивной техногенной нагрузкой на недра приобретает все более актуальное значение.

В настоящее время мониторинг деформационных процессов больших территорий осуществляется, как правило, традиционными маркшейдерско-геодезическими методами, такими как высокоточное нивелирования и высокоточные спутниковые наблюдения. Следует отметить, что эти методы, являясь своего рода эталонными, требуют больших материальных и временных затрат. Кроме того, оперативность получения информации на основе данных методов является достаточно низкой, т.к. для получения динамики развития деформационных процессов требуется выполнение постоянных серий наблюдений и постоянная постобработка их результатов.

Город Березники расположен в Верхнекамском регионе Пермского края, по численности населения и промышленному потенциалу уступает только Перми – областному центру.

В настоящее время на промышленных предприятиях города производится кальцинированная сода, азотные и калийные удобрения, другая химическая продукция, титаномагниевого сплавы, ведется добыча нефти. Ведущими предприятиями являются акционерные общества «Уралкалий», «АВИСМА» филиал ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», «Азот», «Березниковский содовый завод», «Сода-хлорат» [1, 2].

Город характеризуется чрезвычайно сложными условиями жизнедеятельности, обусловленных расположением его на площадях Верхнекамского месторождения калийно-магниевого солей, проявлениями опасных природных и техногенных процессов.

По классификации промышленного потенциала город отнесен к 3 категории, по химической опасности – 1 категории.

Около 80 % территории промышленной и жилой застройки площадью 61 кв. км расположено на подработанных или заложенных участках горных выработок, в связи с чем имеют место в настоящее время просадки земной поверхности с деформациями отдельных зданий и сооружений, которые могут усугубиться с активизацией сейсмичности в Березниковско-Соликамском регионе. В 1986 году произошли первые негативные геодинамические события, связанные с обрушением кровли и затоплением одного из четырех рудников ОАО «Уралкалий» - рудника третьего рудоуправления.

В городе более 170 га территорий занято шламонакопителями и отстойниками, обнесенных дамбами высотой от 2 до 18 метров. Разрушение этих гидротехнических сооружений может привести к экологической катастрофе, так как шламонакопители расположены вблизи р. Кама [1].

Две трети городской черты расположены в санитарно-защитных зонах от потенциально опасных промышленных предприятий с большими запасами аммиака и хлора. Из 5 категорированных объектов 2 особой важности, 3 первой категории [3].

По результатам исследований, выполненных в 2010-2017 г. для территории г. Березники, разработана и сформирована система комплексного мониторинга данной территории. Данная система включает следующие виды наблюдений: спутниковые, маркшейдерские, сейсмологические, геофизические, газогеохимические, гидрогеологические. Она развернута в пределах 8 участков, определенных, как потенциально-опасные (рис.1) [2].

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

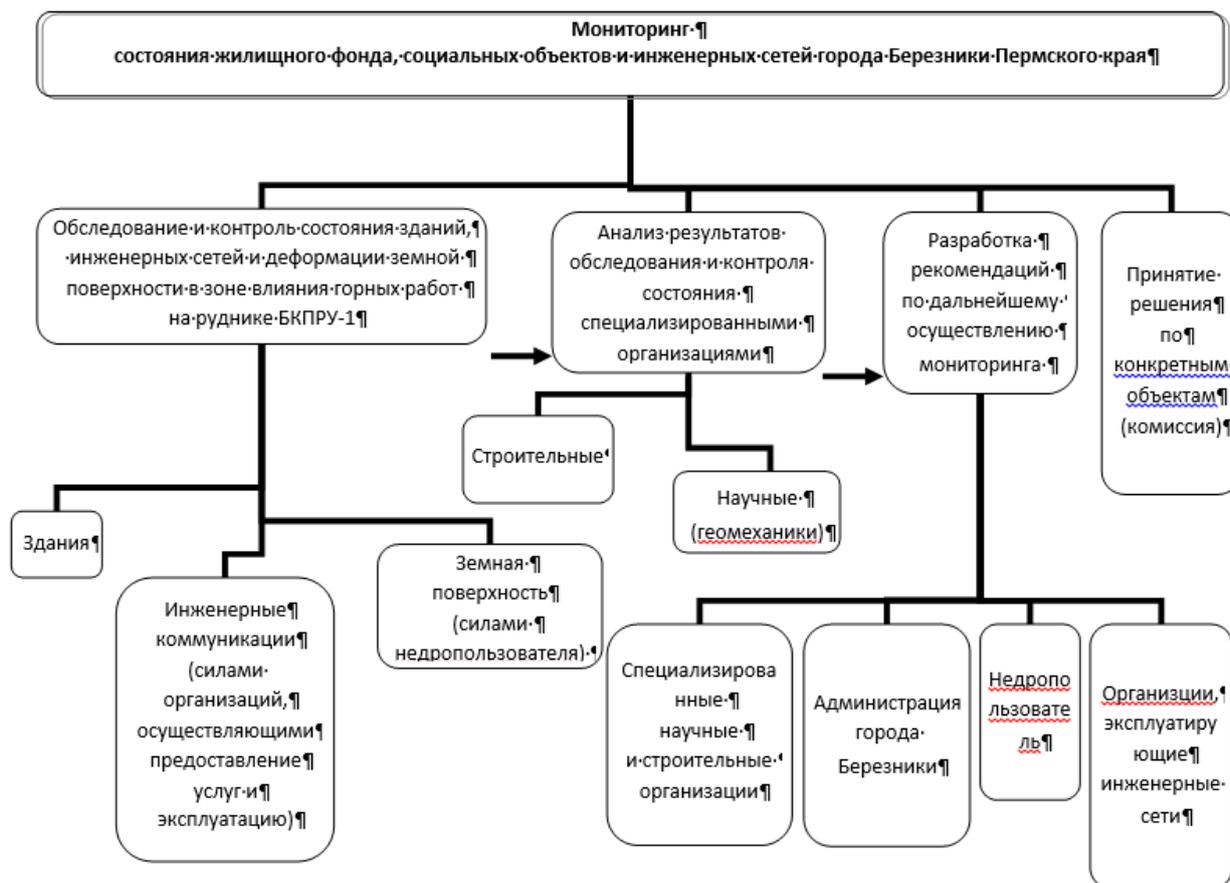


Рисунок 1 - Схема организации комплексной системы мониторинга

1. Центральная часть: по улице Свердлова от пересечения с улицей Юбилейной до улицы Пятилетки, с запада на восток ограничивается улицей Ломоносова и Мира (1 бис Восточная и 1 Восточная панель) – (Бер.1, участок №1);

2. Юго-восточная часть: площадь Юбилейная, Молодёжный Жилищный Комплекс, д. Быгель, ограничивается улицей Пятилетки и 30 лет Победы (2 и 3 восточные панели) – (Бер.2, участок №2);

3. Западная часть: по проспекту Ленина от пересечения с улицей Тельмана до улицы Котовского, с запада на восток ограничивается улицей Горького и Преображенского (3 восточная панель) – (Бер.3, участок №3);

4. Юго-запад: Железнодорожные пути на Ремзавод (6 западная панель, 8-9 блоки, Скв.86,32, 888) – (Бер.4, участок №4);

5. Юго-запад: Деревня Нартовка (8 и 7 западные панели, район скв. 931- (Бер.5, участок №5);

6. Южная часть: Пос. Н. Зырянка (11 и 12 восточная панели, 9 и 10 восточные панели, район скв.88) - (Бер.6, участок №6);

В качестве дополнительных рассматриваются:

7. Промплощадка БШСУ в районе провалов №2 и №3 (Бер.7, участок №7);

8. Район прорыва пресных вод в рудник (провал №1), (Бер8, участок №8).

На основе анализа данных комплексных диагностических исследований зданий, расположенных в различных частях города было установлено:

1. все здания имеют повреждения от 30% до 80%;

2. результаты испытаний и геодезического контроля показывают, что повреждение зданий в основном связано с деформациями грунтов и фундаментов зданий;

3. результаты динамических испытаний показывают, что в зданиях наблюдается снижение T_1 (жесткости) конструктивных систем, в некоторых зданиях величина T_1 (жесткости) значительно меньше нормативного значения;

4. результаты геодинамических наблюдений показывают, что деформации грунтового массива продолжаются, георадиолокационное сканирование, показывает, что в грунтовом массиве на уровне заложения фундаментов обнаруживаются разуплотнения и пустоты;

5. оценка индивидуального риска показывает, что он значительно превышает показатели нормы.

6. для эффективного выполнения работ по снижению рисков для населения г. Березники предлагается разработать программу первоочередных работ.

На основании проведенного анализа возможно выделить наиболее опасные объекты:

1. Среди контролируемых на территории г. Березники потенциально-опасных участков в отчетный период негативными изменениями по различным видам мониторинговых исследований выделяются два: 1) №7-БШСУ, район провалов №2,3, (спутниковый, маркшейдерский, сейсмологический, геофизический, гидрогеологический); 2) №3 в районе панелей переходного периода (спутниковый, маркшейдерский, геофизический, гидрогеологический).

2. Отмечаемые негативные изменения контролируемых параметров для участка №7 находятся в пределах огражденных зон.

3. Отмечаемые негативные изменения контролируемых параметров для участка №3, в районе панелей переходного периода, выходят за пределы ограждения в восточном направлении.

Список использованных источников

1. Данные горного университета уральского отделения РАН; - фонды ГУ Ур О РАН, Пермь 2018;

2. Результаты инструментальных наблюдений на шахтном поле БПКРУ-1; - фонды ОАО «Уралкалий», Березники 2018.

3. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 года № 68-ФЗ.

Применение нейронных сетей для решения задач прогнозирования чрезвычайных ситуаций

Е.М. Богданова

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Отличительной чертой современного этапа развития общества является обострение глобальных проблем, которые приводят к росту ЧС природного и техногенного характера. Одним из способов снижения рисков возникновения ЧС природного и техногенного характера является их предупреждение путем прогнозирования.

Прогнозирование представляет собой предсказание будущих событий. Целью прогнозирования является уменьшение риска при принятии решений.

Основные задачи при прогнозировании ЧС природного и техногенного характера включают в себя [1]:

- прогнозирование частоты чрезвычайных ситуаций (например, паводков, пожаров и др.) и их последствий;
- прогнозирование ущерба, гибели людей, числа пострадавших в конкретной чрезвычайной ситуации;
- прогнозирование потребности в специалистах по конкретным видам деятельности в области обеспечения безопасности и др.

Сам процесс прогнозирования может быть затруднен рядом обстоятельств [1]:

- процессы развития могут состоять из участков постепенного (эволюционного) изменения и участков скачкообразного (революционного) изменения. Возможность появления резких изменений в протекании процессов затрудняет прогнозирование;
- наличием неопределенности и различного рода случайных факторов (усталость металлоконструкций, старение электроизоляции), затрудняющих изучение исследуемого процесса;
- непознанностью процессов и явлений (землетрясений, смерчей, цунами);
- сложностью решения задач, недостатка исходных данных (прогнозирование погоды требует густой сети метеостанций по все поверхности земного шара, а для расчета сверх суперЭВМ);
- влиянием человеческого фактора.

Проведенный анализ показывает, что в настоящее время существует большое количество различных методик прогнозирования [1].

Однако большая часть алгоритмов, лежащих в основе данных методик, основана на моделировании эмпирических зависимостей с использованием аппарата математической статистики. Сложность практического использования большинства моделей такого типа заключается в необходимости значительных экспериментальных исследований по определению параметров уравнений применительно к специфике тех или иных условий. К тому же прогнозирование с помощью известных математических моделей часто оказывается затруднено или нецелесообразно в виду различных ограничений [2], например, имеющегося объема исходных данных, периода прогнозирования или набора внутренних параметров.

Перечисленные выше факторы существенно ограничивают использование традиционных моделей прогнозирования, открывая простор для применения нечёткой логики. Сегодня на основе теории нечетких множеств решается широкий класс отраслевых задач [3; 4].

Общий принцип систем прогнозирования, основанных на нечетком выводе, включает в себя выполнение следующих этапов (рис.1) [5]:

- формирование базы правил систем нечеткого вывода;
- фаззификация входных переменных;
- агрегирование подусловий в нечетких правилах;
- активизация подзаключений в нечетких правилах;
- аккумуляция заключений нечетких правил;
- дефаззификация выходных переменных.

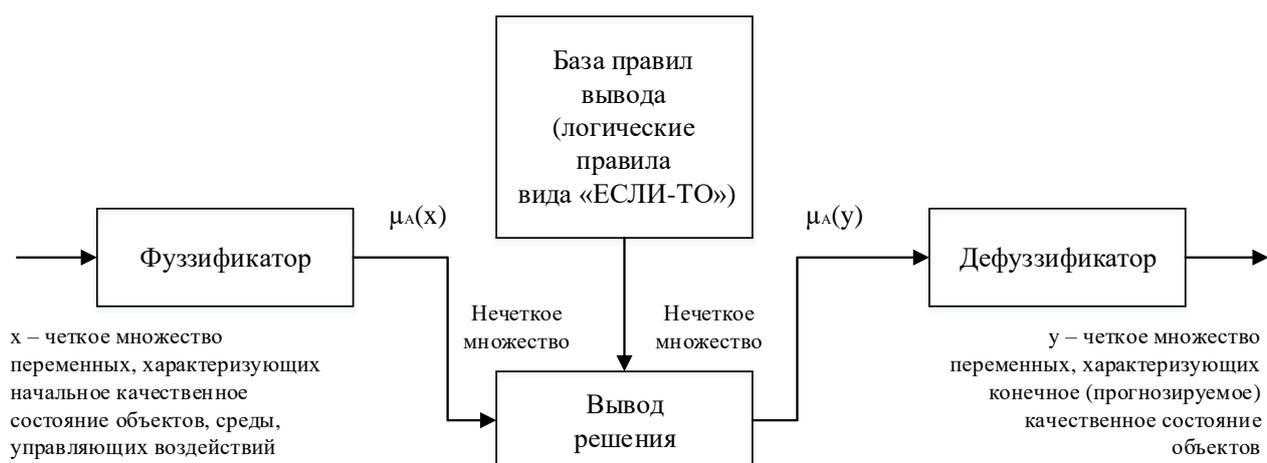


Рисунок 1 - Структура нечеткой системы по прогнозированию ЧС

Безусловным достоинством применяемого метода является возможность использовать значительное количество переменных, объединяя их в деревьях параметров, а также учет качественной информации, которая весьма значительна при описании процессов в отрасли. Однако методика имеет и свои слабые места. В частности, в качестве основного недостатка систем прогнозирования, основанных на нечеткой логике, следует отметить субъективизм построения функций принадлежности и сетки правил, а также высокую робастность системы, устранять которую приходится корректировкой параметров функций принадлежности и правил. Устранить указанные недостатки можно, создавая нечеткие адаптивные системы, которые благодаря синтезу статистического материала с параметрами нечеткого вывода позволяют устранить субъективизм и детерминированность, присущие методу. В качестве инструмента повышения адаптивности метода целесообразно использовать аппарат нечетких нейронных сетей (ННС), позволяющих решать многочисленные задачи [3;6].

Искусственная ННС представляет собой параллельную вычислительную систему, состоящую из большого количества элементарных единиц обработки информации – нейронов, накапливающих экспериментальные знания и представляющих их для последующей обработки [3]. Под термином «обучение» понимается способность ННС повышать точность прогноза за счет корректировки формы функций принадлежности и вида нечетких правил на основе статических данных.

На первом слое ННС (рис.2) осуществляется фуззификация:

$$\mu_A^{(k)} = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - c_j^{(k)}}{\sigma_j^{(k)}}\right)^{2b_j^{(k)}}}$$

где k – количество функций принадлежности ($k=1 \dots M$); j – количество переменных ($j=1 \dots N$); $c_j^{(k)}$, $\sigma_j^{(k)}$, $b_j^{(k)}$ – параметры, определяющие соответственно центр, ширину и форму k -й функции принадлежности j -й переменной.

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

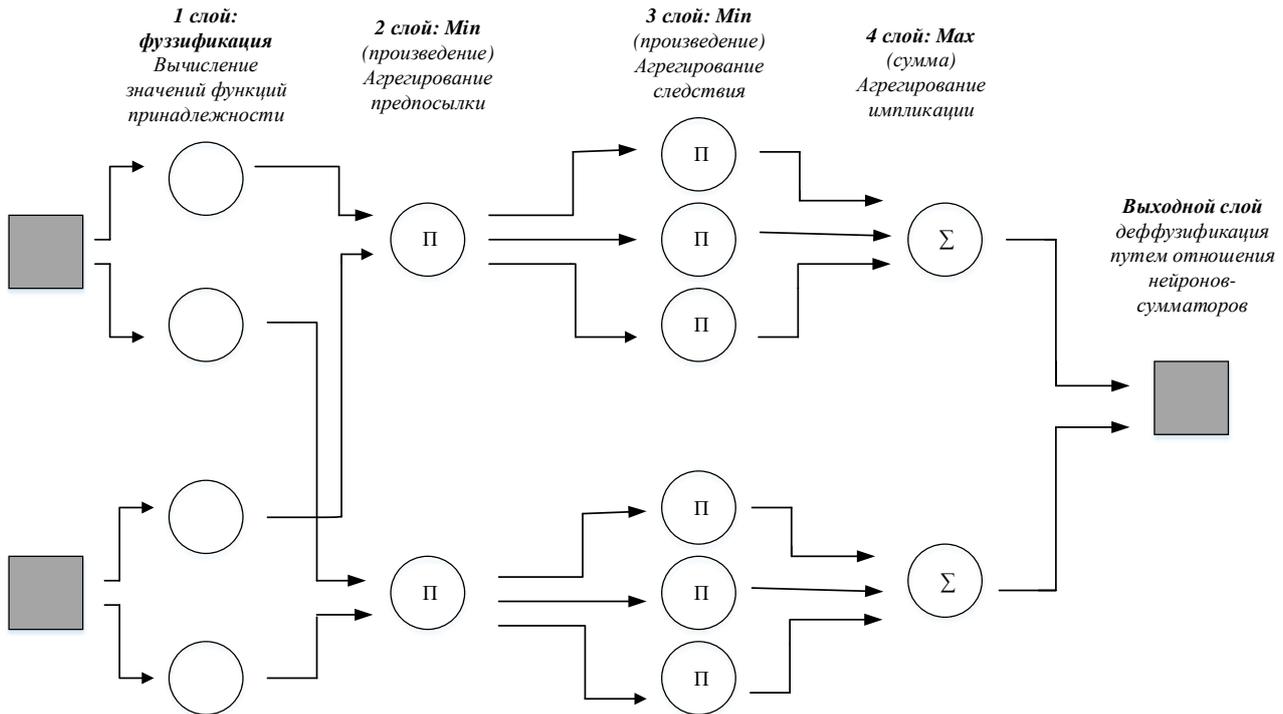


Рисунок 2 - Общая схема структуры ННС по прогнозированию

Во втором слое выполняется агрегирование значений переменных x_j в соответствии с формулой

$$w_k = \prod_{j=1}^N \frac{1}{1 + \left(\frac{x_j - c_j^{(k)}}{\sigma_j^{(k)}}\right)^{2b_j^{(k)}}}$$

Вычисленные таким образом параметры w_k ($k=1 \dots M$) одновременно подаются дальше в 3-й слой (для перемножения на веса) и в четвертый слой для вычисления их суммы в нейроне f_2 .

Третий слой вычисляет центры для k -правил по формуле:

$$y_k = p_{ko}$$

где p_{ko} можно рассматривать как центр функции принадлежности c_k .

После этого осуществляется агрегирование следствия с использованием операции алгебраического произведения: $w_k \times y_k(x)$.

Четвертый слой представлен двумя нейронами f_1 и f_2 , выполняющими агрегирование результатов:

$$f_1 = \sum_{k=1}^M w_k \times y_k(x) = \sum_{k=1}^M \left[\left(\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right) \times c_k \right]$$

$$f_2 = \sum_{k=1}^M w_k = \sum_{k=1}^M \left[\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right]$$

Пятый слой представлен одним-единственным нейроном, выполняющим деффузификацию:

$$y(x) = \frac{f_1}{f_2} = \frac{\sum_{k=1}^M w_k \times y_k(x)}{\sum_{k=1}^M w_k} = \frac{\sum_{k=1}^M \left[\left(\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right) \times c_k \right]}{\sum_{k=1}^M \left[\prod_{j=1}^N \mu_A^{(k)}(x_j) \right]}$$

Алгоритм обучения ННС условно можно разделить на два этапа.

На первом этапе обучению подлежат параметры центра выходных функций принадлежности в третьем слое. Для этого при фиксации параметров функций принадлежности первого слоя определяют параметры весов исходя из:

$$y(x) = \sum_{k=1}^M w_k p_{ko}$$

Следует отметить, что выходные сигналы у ННС заменяют эталонными сигналами d из p обучающих выборок (обучающих примеров $x^{(l)}, d^{(l)}$), где $l = 1 \dots p$. Тогда $wp = d$, где w – упрощенная в результате замены полинома матрица A .

Дальше решение системы уравнений осуществляется на основе псевдоинверсии матриц.

На втором этапе после фиксации значений линейных параметров $y_k = p_{ko}$ рассчитываются фактические выходы ННС $y(i)$ для $i = 1 \dots p$ и вектор ошибки $\varepsilon = y - d$. Далее, применяя метод наискорейшего спуска, используются формулы для корректировки параметров функций принадлежности:

$$c_j^{(k)}(n+1) = c_j^{(k)}(n) - \eta \frac{\partial E(n)}{\partial c_j^{(k)}}$$

$$\sigma_j^{(k)}(n+1) = \sigma_j^{(k)}(n) - \eta \frac{\partial E(n)}{\partial \sigma_j^{(k)}}$$

$$b_j^{(k)}(n+1) = b_j^{(k)}(n) - \eta \frac{\partial E(n)}{\partial b_j^{(k)}}$$

где n – номер итерации; η - параметр скорости обучения.

Представленная в статье прогностическая модель может быть использована и включена в комплекс моделей, входящих в состав информационной системы прогнозирования ЧС [7]. На основе

представленных алгоритмов и моделей возможно осуществить дальнейшую работу по созданию комплексной системы поддержки принятия решений [8], которая будет способствовать снижению рисков возникновения ЧС.

Следует также отметить тот факт, что эффективное решение задачи прогнозирования возможно только в том случае, если нейронная сеть обучается на большом объеме данных. В случае малоразмерной или некачественной обучающей выборки даже самый лучший алгоритм не даст удовлетворительного результата, поскольку без полноценного набора данных нейросеть принципиально не способна обучиться.

Список использованных источников

1. Матвеев А.В., Богданова Е.М. Классификация методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2018. – № 4(24). – с. 61-70.

2. Матвеев А.В. Подготовка кадров для информационно-аналитической деятельности в сфере прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2015. – № 4(12). – с. 109-113.

3. Нейронные сети в прикладной экономике: [учеб. пособие] / Е. А. Трофимова, Вл. Д. Мазуров, Д. В. Гилёв; [под общ. ред. Е. А. Трофимовой]; М-во образования и науки рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 96 с.

4. Нейронные сети. Учебное пособие. [Текст] / Е.И. Горожанина. – Самара. ФГБОУ ВО ПГУТИ, 2017. – 84 с.

5. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

6. Жуков Л.А., Решетникова Н.В. Приложения нейронных сетей: Учебное пособие для студентов, учащихся лицей и ЗПШНИ / Л. А. Жуков, Н. В. Решетникова. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2007. – 154 с.

7. Богданова Е.М., Максимов А.В., Матвеев А.В. Информационная система прогнозирования чрезвычайных ситуаций при использовании адаптивных моделей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». – 2019. – № 2. – С. 65-70.

8. Белов П.Г. Стратегическое планирование развития и обеспечения национальной безопасности России: прогнозирование и снижение риска чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2015. – № 1(9). – с. 47-58.

Анализ системы мониторинга и прогнозирования ЧС республики Алтай как объекта автоматизации

И.Н. Пожаркова, А.М. Зяблицкий

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Объекты мониторинга в Республике Алтай во многом определяются ее физико-географическими характеристиками. В частности, расположение республики на юге Западной Сибири и сложный рельеф местности обуславливают на ее территории резко континентальный климат с высокими летними и низкими зимними температурами воздуха и большим количеством осадков, что повышает вероятность возникновения соответствующих чрезвычайных ситуаций: засуха, природные пожары, сильный мороз, снег, сход лавин и т.д. Также, для республики Алтай характерны большая разница абсолютных температур и горный рельеф с высокой вероятностью развития опасных геологических и грунтово-геологических процессов природного и природно-техногенного характера. Перманентная сейсмическая активность на ее территории определяется наличием большого количества сейсмоактивных разломов.

Опасные природные явления на территории республики Алтай включают гидрометеорологические явления: град, засуха, подтопления, связанные с дождевыми паводками и весенним половодьем, сильные ветры, сильные метели, сильный мороз, опасные геологические и грунтово-геологические процессы: оползни, землетрясения, сели, природные пожары. Наибольшую опасность из перечисленных ЧС представляют пожары, подтопления и землетрясения.

На основе чрезвычайных ситуаций, характерных для республики Алтай, можно выделить соответствующие объекты мониторинга:

- происшествия на речном транспорте;
- происшествия на авиационном транспорте;
- обстановка на автомобильных дорогах, ДТП;
- обстановка на водных объектах (ледовые переправы, места купания и т.д.);
- сейсмологическая ситуация;
- опасные метеорологические явления, метеорологическая обстановка;

- опасные гидрологические явления;
- опасные экзогенные геологические процессы;
- техногенные пожары;
- природные пожары;
- лавиноопасная обстановка;
- эпидемиологическая обстановка.

На основе данных полученных в результате мониторинга указанных объектов в республике Алтай решаются задачи прогнозирования чрезвычайных ситуаций, а также их предупреждения и ликвидации [1]. Для этого используется различное техническое, программное и информационное обеспечение. Основу технического обеспечения задачи мониторинга составляет оборудование различных станций, система наблюдения, компьютерное и сетевое оборудование, линии связи и т.д. Данные мониторинга по каждому из объектов наблюдения поступают из различных автоматизированных информационных систем, каждая из которых имеет свой формат хранения и вывода данных, что значительно затрудняет их обработку для дальнейшего использования: решение задач прогнозирования, принятия решений, составления сводок и т.д. В то же время, количество различных информационных систем для прогнозирования по каждому типу чрезвычайных ситуаций небольшое, при этом они реализованы на базе ВЦМП «Антистихия», а потому имеют унифицированный формат входных и выходных данных, что упрощает их последующую обработку.

На рисунке представлена модель решения задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в республике Алтай, которые реализованы на базе решения с частичной автоматизацией [2] в виде отдельных приложений и систем для обработки и анализа данных.

Сбор данных происходит в автоматизированном режиме, однако задачи хранения, анализа данных и прогнозирования ЧС с генерацией предварительного решения реализуются частично вручную:

- Запись данных. Показания некоторых датчиков с объектов мониторинга представлены в виде графических или звуковых данных, перенос их в память ЭВМ для последующей обработки при этом осуществляется вручную.

- Конвертация данных. Для хранения в базе данных имеющуюся информацию необходимо привести к единому формату,

соответствующему заданной структуре, что также частично осуществляется вручную.

– Конвертация данных в заданную информационной системой форму. Для решения задач мониторинга и прогнозирования на базе автоматизированных информационных систем необходимо привести входные данные к заданному формату, который у различных приложений может быть разным. Данная операция также осуществляется частично вручную.

– Формирование сводного отчета. Отчеты, полученные на основе обработки данных в различных информационных системах, представлены в виде отдельных документов различного формата. Синтез сводного отчета заданной формы и заключения на базе проведенного анализа производится также вручную.

– Разработка предварительного решения. Данная задача решается вручную ответственными лицами на основе полученных прогнозов, а также существующих регламентов.

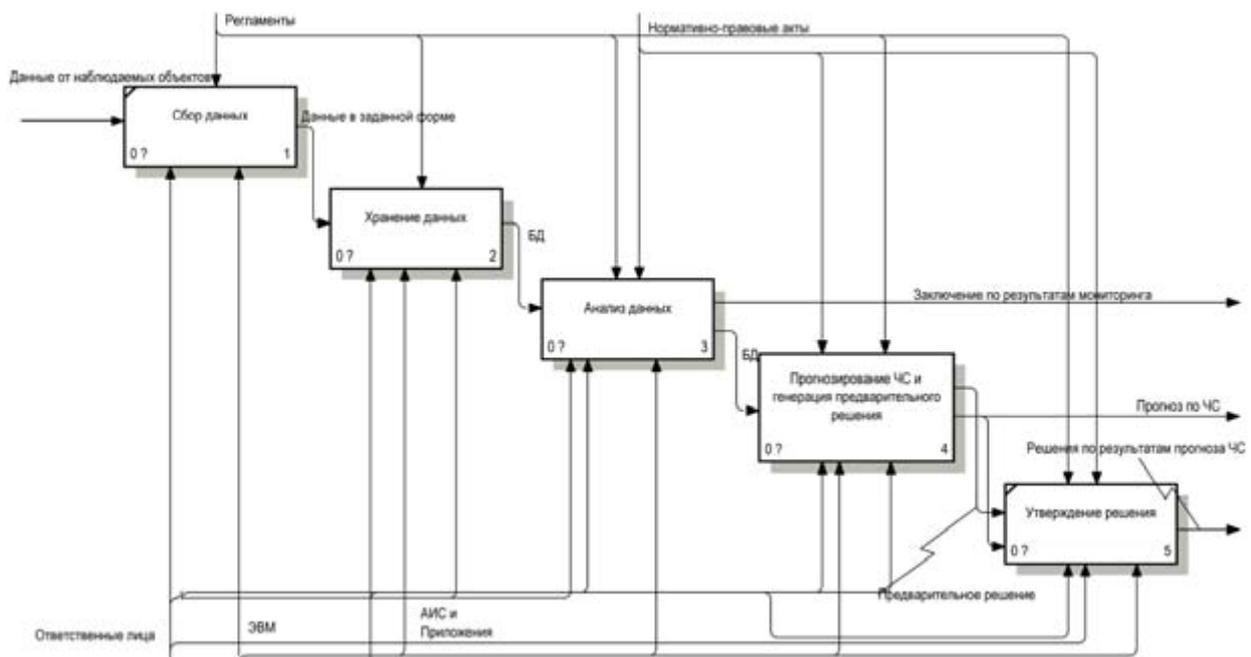


Рисунок - Модель автоматизированной информационной системы для решения задачи мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в республике Алтай

Таким образом, значительная часть задач, решаемых вручную, связана с обработкой большого количества данных (запись, конвертация, объединение и т.д.), поступающих, в том числе, и в режиме реального

времени. Это сказывается на скорости, точности и, как следствие, эффективности реализации данных и сопутствующих операций, что в случае быстроразвивающихся чрезвычайных ситуаций, требующих экстренного решения может носить критический характер. Поэтому целесообразно автоматизировать выполнение перечисленных выше функций, чтобы:

- повысить скорость решения задач мониторинга и прогнозирования ЧС;

- снизить вероятность возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором, при решении задачи мониторинга и прогнозирования ЧС;

- повысить эффективность решения задач мониторинга и прогнозирования ЧС.

Достичь поставленных целей можно на базе автоматизированной информационной системы, которая решает следующие задачи:

- Автоматическая конвертация данных: приведение к единому формату, соответствующему заданной структуре, данных поступающих от различных объектов мониторинга для дальнейшего их хранения в базе данных.

- Автоматическая конвертация данных в заданную информационную системой форму: приведение к заданному формату, который определяется требованиями автоматизированной системы к структуре входной информации, данных, хранимых в базе данных.

- Автоматизированное формирование сводного отчета: синтез отчета заданной формы на основе выходной информации от различных автоматизированных информационных систем, представленных в виде отдельных документов разного формата.

- Автоматизированное формирование сводного прогноза: синтез отчета заданной формы по результатам решения задачи прогнозирования ЧС на основе выходной информации от ВЦМП «Антистихия».

Использование такой автоматизированной информационной системы в республике Алтай позволит значительно повысить скорость выполнения основных операций, связанных с хранением, обработкой и анализом данных. При большом количестве операций, особенно в условиях быстроразвивающихся ЧС применение автоматизации может значительно повысить эффективность решения задач мониторинга и прогнозирования.

Список использованных источников

1. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 4 марта 2011 г. №94 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

2. Автоматизация решения задач мониторинга и прогнозирования / А.М. Зяблицкий, И.Г. Ефремов, А.Н. Лагунов, И.Н. Пожаркова // Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций». - Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 110–113.

Система мониторинга и прогнозирования грозовой обстановки на объектах хранения нефтепродуктов

А.Г. Марков¹, А.С. Харламенков¹, С.В. Абросимов²

¹ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

²УНДиПР ГУ МЧС России по Самарской области

Объекты хранения нефти и нефтепродуктов представляют значительную опасность. Большие объёмы легковоспламеняющихся (далее ЛВЖ) и горючих жидкостей (далее ГЖ) способствуют образованию пожаро- и взрывоопасных смесей с воздухом. Появление источников зажигания, в том числе электрического характера, может привести к возникновению чрезвычайной ситуации (далее ЧС). Последствия ЧС на нефтебазах ухудшают экологическую обстановку в зоне выброса газов и паров углеводородов. Продукты горения, распространяясь на большие территории, загрязняют воздух и водоемы.

Ежегодная статистика аварий на объектах нефтегазовой отрасли [1] указывает на рост числа утечек углеводородов по причинам технического характера в силу физического износа основных фондов (более 70%) [2].

Так, по данным Ростехнадзора [3] в 2018 г. число аварий с выбросом горючих газов и паров ЛВЖ составило более 50% от общего числа ЧС. При этом, доля аварий, приходящаяся на склады нефтепродуктов, составила более 48% [4]. Главными причинами аварий стали нарушения при проведении ремонтных работ и коррозионный износ технологического оборудования.

В период с 2007 по 2018 г. на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности произошло 145 опасных происшествий, в том числе 74 пожаров (51%), 52 взрыва (36%) и 19 выбросов опасных веществ (13%) [5].

Представленные выше данные указывают на необходимость разработки и внедрения современных способов мониторинга и прогнозирования пожароопасных состояний на объектах нефтегазовой отрасли, а также разработки новых мероприятий, исключающих возможность возникновения пожаров и взрывов.

Атмосферное электричество в виде разрядов молнии и её вторичных проявлений (электромагнитная и электростатическая индукция) является одним из наиболее опасных и непредсказуемых источников зажигания.

Международная статистика указывает на значительное число пожаров и взрывов на складах хранения нефти и нефтепродуктов от ударов молнии. За период 1960–2003 гг. произошло более 80 пожаров и взрывов в резервуарных парках [6] в результате разрядов молнии (рис.1). К ЧС привело плохое заземление отдельных частей резервуаров и утечка горючих веществ через некачественные уплотнения.

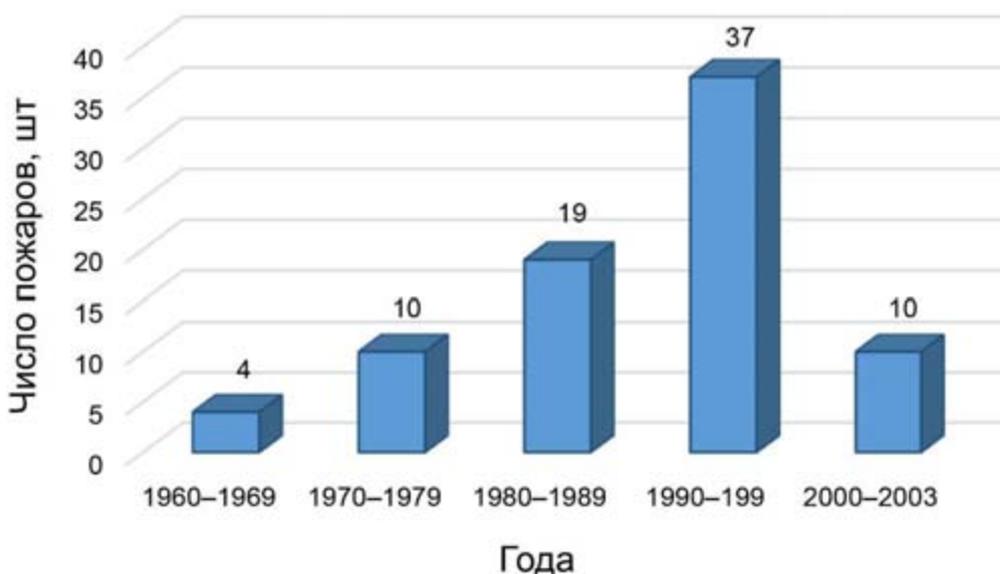


Рисунок 1 - Мировая статистика пожаров от разрядов молнии в период 1960–2003 гг.

Согласно требованиям ГОСТ 31385 [8] вертикальные резервуары для хранения ЛВЖ должны защищаться от прямых ударов молнии только отдельно стоящими молниеотводами для обеспечения надежности защиты в пределах 0,95–0,99 (I или II уровень защиты). Для ёмкостей с ГЖ допускается установка молниеотводов непосредственно на кровле (см. таблицу).

Таблица – Характеристики внешней системы молниезащиты резервуаров.

Характеристика резервуара	Уровень защиты	Надежность защиты	Допустимые типы молниеотводов
Склад нефти и нефтепродуктов категории I			
РВС* для ЛВЖ	I	0,99	Изолированные стержневые или тросовые
РВСП**			
РВСПК***			
РВС для ГЖ	II	0,95	

Продолжение таблицы

Склад нефти и нефтепродуктов категории II			
РВС для ЛВЖ	I	0,99	Изолированные стержневые или тросовые
РВСП	II	0,95	
РВСПК			
РВС для ГЖ	III	0,90	Неизолированные стержневые или тросовые
Склад нефти и нефтепродуктов категории III			
РВС для ЛВЖ	II	0,95	Изолированные стержневые или тросовые
РВСП			
РВС для ГЖ	III	0,90	Неизолированные стержневые или тросовые
* РВС – резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей.			
** РВСП – резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей с понтоном.			
*** РВСПК – резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей.			

В зарубежной практике распространена естественная система молниезащиты, где в качестве молниеотвода используются стальные стенки резервуаров с нефтью и нефтепродуктами [9]. Такой способ также допускается Инструкцией по молниезащите [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Главным условием безопасности при организации естественной молниезащиты является соблюдение определенной толщины стенок и крыши резервуара.

Согласно Инструкции [Ошибка! Источник ссылки не найден.] учитывает ГОСТ 31385 [8] для всех типов РВС толщина стенок и кровли должна составлять не менее 5 мм. Это значение учитывает припуск на коррозию в 1 мм.

Нужно понимать, что даже исправная система молниезащиты не обеспечивает 100% защиты, так как организуется на основании вероятностной оценки прорыва канала молнии к объекту. Из этого следует, что на объектах хранения нефти и нефтепродуктов невозможно исключить возникновение пожаровзрывоопасных ситуаций от ударов молнии.

Наиболее ярким примером подтверждения такого положения дел является крупный пожар в 2009 г. на линейной производственно-диспетчерской станции ЛПДС «Конда», который возник из-за прямого удара молнии в кровлю РВС-20000 [9]. Следует отметить, что резервуарный парк был оснащён исправной системой молниезащиты. Главный резервуар объёмом 20000 м³ был защищён изолированной системой защиты от прямых ударов молний в виде отдельно стоящих стержневых молниеотводов.

Некоторые эксперты считают причиной пожара утечку паров нефтепродуктов через дыхательную арматуру резервуара, которые воспламенились от искрения в месте соединения молниеотводов и стенок резервуара. К сожалению, эту версию нельзя проверить по причине отсутствия достоверных сведений о месте контакта канала молнии с резервуаром. Тем не менее, такой ход развития ЧС нельзя исключать. Подтверждением тому служат сведения [11, 12] о низкой надежности сухих промышленных огнепреградителей, не обеспечивающих локализацию пламени и проникновению пламени во внутренне пространство резервуара.

Утечки паров ЛВЖ являются естественным явлением при больших и малых дыханиях резервуаров [11]. Наиболее активные выбросы происходят в период проведения сливо-наливных операций, ремонтных и других технических работ. Правилами безопасности [13] запрещается проведение закачки и откачки продукта, замер уровня и отбор проб ЛВЖ и ГЖ из резервуаров во время грозы. В тоже время Правила технической эксплуатации нефтебаз [15] обязывают технический персонал выполнять наполнение и опорожнение железнодорожных цистерн в установленные сроки, которые варьируются в пределах от 4 до 10 ч. В зависимости от технических характеристик сливоналивного оборудования это время может быть снижено до 1,5–2 ч. В случае простоя транспортных средств свыше сроков, указанных в договоре с нефтебазой, на последнюю накладываются штрафные санкции. Это способствует частому игнорированию грозовой обстановки по причине возможных убытков из-за превышения лимитов времени на слив/налив нефтепродуктов. Нельзя исключать вариант, когда над самим объектом обычное облако превращается в грозовое. Тогда не останется времени на выполнение работниками действий, указанных в технологических картах.

Кроме того, технический персонал не способен точно отследить наступление грозы в месте сливо-наливных и других технологических операций, в основном только в пределах прямой видимости или по звукам громовых раскатов. На расстояниях 15–20 км человек уже не слышит гром, а зона его обзора из-за высоких строений или деревьев может быть ограничена. Учитывая среднюю скорость движения грозовой ячейки равную 20–30 км/ч, работники будут вынуждены в течение часа завершить или приостановить пожароопасные технологические процессы, что не всегда возможно при ограниченных временных рамках.

Грозовое облако формируется примерно за 10–20 мин., а его стадия зрелости длится 20–30 мин. [14]. Следовательно, каждая грозовая ячейка может существовать до 1 часа. В таком случае не исключено, что место

проведения технических работ окажется в пределах образования грозовой ячейки, радиус которой в умеренных широтах достигает 2 км.

В связи с этим более точное отслеживание гроз вблизи объекта позволило бы повысить безопасность проведения пожароопасных технологических операций и исключить необоснованные простои производства.

Для этой цели возможно применение превентивных мер по прогнозированию образования грозовых ячеек и предупреждения об их приближении к объекту защиты. Такой способ называется профилактической (превентивной) молниезащитой (PLP), который входит в общую систему молниезащиты, представленную на рис.2. Ключевое отличие данной системы от «классической» молниезащиты заключается в том, что она динамична во времени и действует не постоянно, а только при наступлении грозоопасной обстановки вблизи объекта.

В Российском законодательстве требования к практической молниезащите отсутствуют, но в ряде европейских стран это направление считается перспективным. На сегодняшний день разработаны стандарты с требованиями к локационным системам обнаружения молний (LLS) [18] и системам грозового оповещения (TWS) [19].

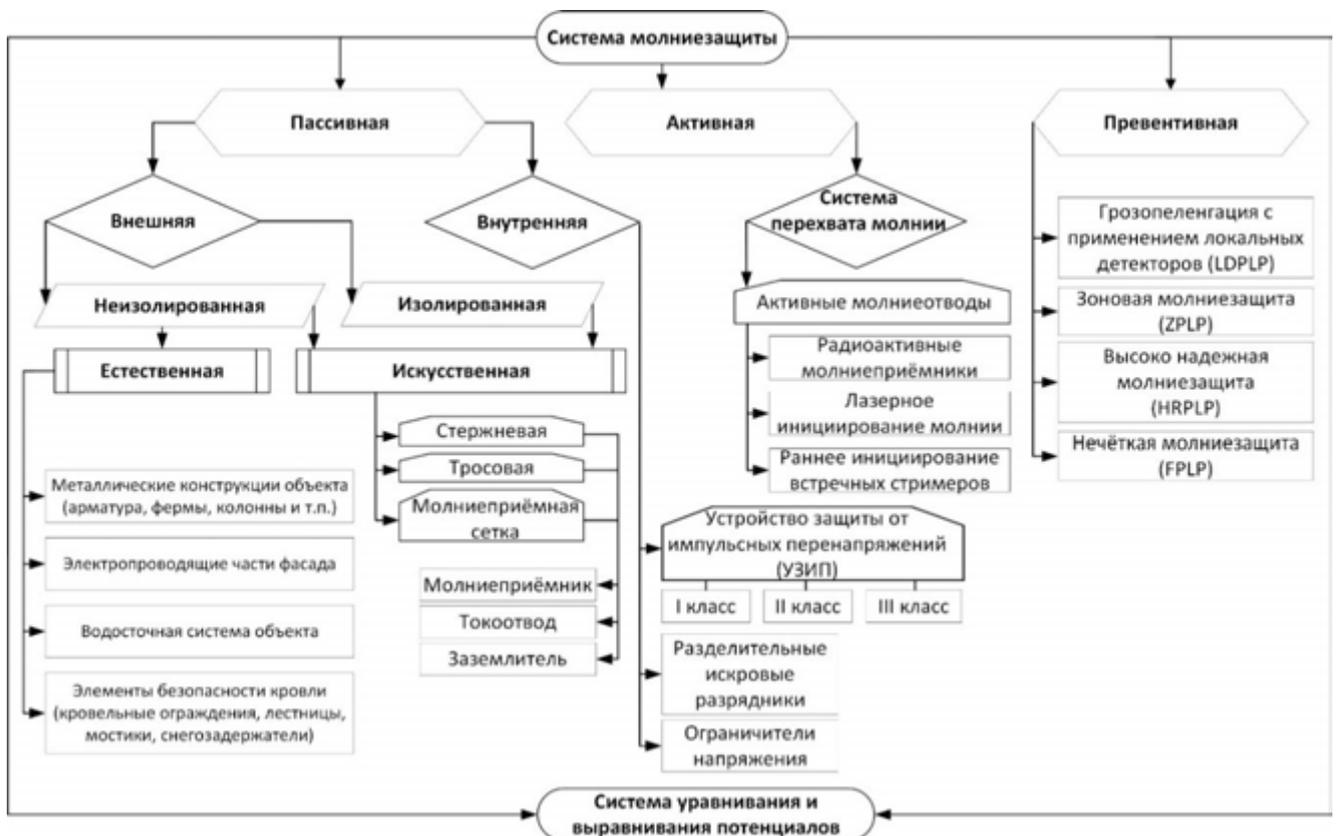


Рисунок 2 - Структурная схема молниезащиты объекта

Профилактическая молниезащита включает в себя локационные системы обнаружения молний с радиусом действия более 1000 км и погрешностью ± 2 км, а также локальные детекторы фиксации разрядов.

Общие сведения с прогнозом движения грозовых облаков можно получить с помощью, действующей на территории России, грозопеленгационной системы (далее ГПС). Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) активно разворачивается радиолокационная сеть доплеровских метеорологических радиолокаторов с двойной поляризацией (ДМРЛ-С). В пределах Московской области ГПС разворачивается на основе датчиков *LS 8000* компании *Vaisala*, имеющих максимальный радиус обзора 250 км. До 2020 г. планируется установка 140 локаторов [16].

Кроме этого, фирмой «Алвес» с 2006 г. разворачивается система регистрации гроз, которая на сегодняшний день включает в себя более 77 пунктов регистрации электромагнитного излучения молниевых разрядов. К ним относится Северо-Западный куст ГПС (Великий Новгород, Гдов, Тихвин и Воейково) и Северо-Кавказский куст (Ростов-на-Дону, Сочи, Ставрополь и Темрюк). С 2009 г. к системе присоединились г. Минск Республики Беларусь и г. Кировск Мурманской области. В 2010–2011 гг. в европейской части России установлен 21 комплект индикаторов грозовой опасности. В Центральном и Южном ФО установлено 15 таких комплектов [17].

При всех очевидных преимуществах ГПС следует понимать, что по причине погрешности определения индикаторами точного места разряда, система не дает точной информации о том, в какую точку произошел удар. Нагретый канал молнии может вступить в контакт непосредственно с резервуаром или его системой молниезащиты (прямое воздействие). Возможны варианты, когда удар приходится в заземленные конструкции, расположенные вблизи ёмкости с нефтепродуктом (косвенное воздействие).

Любой из представленных вариантов развития ситуации носит случайный характер, а имеющиеся на объекте системы фото и видео фиксации не способны запечатлеть место поражения. Тем не менее, возможно снизить риск возникновения пожара или взрыва за счет применения локальных детекторов, установленных на территории объекта защиты. Собранная ими информация позволит организовать систему предупреждения, действующую в рамках зоновой концепции.

По причине более слабой чувствительности и низкой точности определения точки удара молнии локальные детекторы могут применяться в системе профилактической молниезащиты в качестве

дополнительного элемента, предназначенного для предварительного предупреждения о приближающейся опасности в пределах защищаемого объекта, нежели для цели всестороннего прогнозирования. Принцип осуществления зонной молниезащиты (ZPLP) заключается в разделении защищаемого пространства на три зоны [20], представленные на рис.3:

- Зона 1 (зона опасности), где объект защиты находится в непосредственной опасности от прямого или косвенного воздействия молнии. Данные, собираемые детекторами о местах ударов молнии в этом пространстве с радиусом R_1 , должны быть точными, чтобы с помощью сигнализации оповестить технический персонал о присутствии грозового облака.

- Зона 2 (зона предупреждения), где грозовое облако не представляет прямой опасности в пределах между R_1 и R_2 . Данные с детекторов должны быть точными и технический персонал должен быть оповещен о приближении опасности. С момента тревоги все пожаровзрывоопасные операции должны быть прекращены и приняты меры по обеспечению безопасности людей и оборудования. Радиус этой зоны обычно составляет около 20 км [21].

- Зона 3 (зона мониторинга), где детекторы должны фиксировать вспышки молнии без особой точности до границы $R_3 \approx 30$ км [22].



Рисунок 3 - Распределение зон системы профилактической молниезащиты с применением локальных детекторов.

В зависимости от вида выполняемой операции тревожный сигнал о приближении грозового фронта должен быть подан заблаговременно. Это достигается настройкой чувствительности детектора, что позволит отрегулировать время срабатывания системы предупреждения под конкретный технологический процесс.

Если в качестве ориентировочного времени прекращения технических работ принять максимальное время испарения ЛВЖ равное 3600 с. по прил. А ГОСТ Р 12.3.047 [23], то при скорости движения грозового облака 20 км/ч радиус зоны предупреждения R_2 составит 20 км. Представленное время может быть меньше указанного. Его необходимо рассчитывать в каждом отдельном случае исходя из характеристик и технических особенностей оборудования. Для этого необходимо оценить эффективность профилактической молниезащиты.

Расположение локальных детекторов может быть выполнено в виде единичного устройства, расположенного на самом объекте, или за его территорией в виде нескольких автономных датчиков, объединенных в общую систему. При выполнении системы по второму варианту будет образовано несколько зон предупреждения.

У системы *ZPLP* имеется и ряд недостатков. В первую очередь они связаны с проблемой точного определения направления движения грозового облака. Возможна ситуация, когда при входе грозовой ячейки в зону предупреждения сигнализация на объекте сработает и превентивные меры будут приняты, а грозовой фронт пройдет мимо зоны опасности. В этом случае объекту может быть нанесен косвенный экономический ущерб от простоя. Второй проблема заключается в точном определении скорости приближения грозы. От этого параметра зависит раннее или позднее обнаружение грозовой ячейки, а значит и размеры временного коридора для проведения защитных мероприятий. Если выполнение превентивных действий начнется слишком поздно, то объекту может быть нанесен прямой ущерб от удара молнии.

Для предупреждения об опасности, надвигающейся грозовой ячейки может быть применено два других типа профилактической молниезащиты – это высоко надежная (*HRPLP*) [23] и неточная (*FPLP*) [25] молниезащита. Оба типа используют сведения, получаемые в режиме реального времени от ГПС с помощью детекторов, имеющих точность определения местоположения с погрешностью в 500 м [21].

По этим данным система *HRPLP* формирует критерий срабатывания тревоги на основе определения направления движения грозового облака и его скорости. Оповещение срабатывает только в том случае, если грозовое облако находится близко к зоне опасности

и движется в ее сторону. При этом, запаса времени достаточно для выполнения профилактических мероприятий. Главное отличие системы *HRPLP* от *ZPLP* в том, что она фокусируется на прогнозировании движения всех грозовых ячеек, окружающих объект, а не на статической зоне предупреждения, в которую входит облако. За счет этого достигается более точная оценка необходимости выполнения превентивных действий. Поэтому такая система будет более эффективна, но по экономическим затратам на её построение может оказаться невыгодной. При использовании локальных детекторов с менее высокой точностью определения точки удара молнии, можно сократить расходы на построение системы.

Неточная система молниезащиты *FPLP* использует для оценки опасности те же данные ГПС, что и система *HRPLP*. Главным отличием от такой системы от высоко надежной является алгоритм обработки получаемых данных. На его основе определяется вероятность прохождения ячейки над объектом в зоне опасности. Она сформирована в виде обобщенных данных, распределённых на классы: «точно нет», «нет», «возможно», «да» и «точно да». Поэтому название системы «неточная» говорит о том, что она показывает конечному пользователю «степень опасности» грозовой ячейки в форме классов, а не в виде числовых значений.

Система *FPLP* также дает информацию о фактическом времени до наступления грозы. Для его оценки выполняется расчет относительного времени [25]:

$$t = (t_{\text{гроз}} - t_{\text{мер}}) / t_{\text{мер}},$$

где $t_{\text{гроз}}$ – расчётное время до наступления грозы;

$t_{\text{мер}}$ – время, необходимое персоналу для выполнения превентивных действий.

Время t , является первым определяющим фактором успешной профилактической подготовки к наступлению грозы. Так как значение $t_{\text{мер}}$ обычно определено заранее, то умножая его на относительное время t , можно получить фактическое время для принятия превентивных мер.

Вторым, является фактор необходимости начала выполнения профилактических мероприятий. Он варьируется в пределах от 0 до 1. При значении равном 1, требуется начать немедленное выполнение превентивных действий.

В результате всех промежуточных операций система *FPLP* выводит по одному значению для каждого фактора. Для фактора времени есть три уровня: низкий, средний, высокий. Для фактора необходимости начала

превентивных действий – очень низкий, низкий, средний, высокий, очень высокий.

На основании полученных данных системой *FPLP* формируется команда на включение тревоги.

Таким образом, для обеспечения безопасного проведения технологических операций и ремонтных работ на объектах хранения нефти и нефтепродуктов следует рассмотреть возможность применения одного из вариантов превентивной молниезащиты, позволяющей осуществлять мониторинг и прогнозирование грозовой обстановки на объекте. Оценка их эффективности и выбор наиболее экономически выгодного варианта исполнения системы для защиты резервуарных парков является целью дальнейших исследований.

Список использованных источников

1. Краснов А.В. Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007-2016 гг. [Текст] / А.В. Краснов, З.Х. Садыкова и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ. Нефтегазовое дело – 2017. – №6. – С. 179-191.
2. Рагозина, М.А. Оценка современного состояния основных средств в промышленности [Текст] / М.А. Рагозина // Вест. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Вып. 2 (15). – Красноярск, 2007. – С. 122-126.
3. Уроки, извлеченные из аварий, 2018 г. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2018>.
4. Королев Д.С. К вопросу обеспечения пожарной безопасности в нефтегазовой отрасли [Текст] / Д.С. Королев, А.В. Калач // Техносферная безопасность – 2018. – т. 21. – №4. – С. 3-9.
5. Архив информационных бюллетеней 2.0 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://ib.safety.ru>.
6. Changa J. I., Lin C.-C. A study of storage tank accidents. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2006. – № 19. – P. 51-59.
7. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: инструкция (утв. Приказом Минэнерго России № 280 от 30.06.2003 г.) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2019.
8. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. [Электронный ресурс]: государственный стандарт // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл. Дан. – М., 2019.

9. IEC 62305-3: 2010. Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazards [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.standards.ru/document/3645976.aspx>.

10. Электронная энциклопедия пожарного дела. Пожар на ЛПДС «Конда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wiki-fire.org/>.

11. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами [Текст] / О.М. Волков – СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2010. – 398 с.

12. Хорошилов О.А. Методологические и нормативные основы конструирования, испытания и эксплуатации промышленных огнепреградителей [Текст]: дис. д-ра техн. наук / О.А. Хорошилов. – СПб., 2011. – 300 с.

13. Правила безопасности нефтегазоперерабатывающих производств [Электронный ресурс]: Приказ Ростехнадзора от 29.03.2016 г. №125 с изм. 15.01.2018 г. (зарегистрировано в Минюсте РФ от 25.05.2016 г. №42261) // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл. Дан. – М., 2019.

14. Ермаков В.И. Физика грозовых облаков [Текст] / В.И. Ермаков, Ю.И. Стожков. – М.: Препринт ФИАН РФ, 2004. – №2. – 39 с.

15. Правила технической эксплуатации нефтебаз [Электронный ресурс]: Приказ Минэнерго РФ от 19.06.2003 г. №232 (зарегистрировано в Минюсте РФ от 20.06.2003 г. №4785) // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл. Дан. – М., 2019.

16. Мозер А.Л. Визуализация данных гронопеленгаторов и доплеровских метеорологических локаторов с двойной поляризацией [Текст] / Ученые записки РГГМУ, 2016. – №43. – С. 74-83.

17. Снегуров А.В. Экспериментальная гронопеленгационная система [Текст] / А.В. Снегуров, В.С. Снегуров // Труды ГГО, 2012. – №567. – С. 188-200.

18. IEC 62858-2015. Ed. 1: Lightning density based on lightning location systems (LLS) – General principles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.standards.ru/document/6102451.aspx>.

19. IEC 62793-2016. Ed. 1: Protection against lightning – Thunderstorm warning systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.standards.ru/document/6140910.aspx>.

20. Mäkelä J., Porjo N., Jantunen J., et al. Single-station narrowband ranging of active storm cells without lightning-type discrimination. J Atmos Solar-Terrest Phys, 2009. – Vol.8-9. – №71. – P. 911-922.

21. Gulyás A., Mäkelä J., Németh B., Cooray V. and others. Local Detectors in Preventive Lightning Protection. Journal of Lightning Research. 2012. – №4. – P. 139-148.

22. Mäkelä J. Electromagnetic signatures of lightning near the HF frequency band. Finnish Meteorological Institute Contribution. Academic Dissertation in Physics. 2009. – 100 p.

23. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. [Электронный ресурс]: государственный стандарт // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл. Дан. – М., 2019.

24. Gulyás A, Kiss I. High reliability preventive lightning protection. 20th International Lightning Detection Conference. Tucson AZ, USA, 2008. – P. 13.

25. Németh B, Kiss I. Application of fuzzy logic based expert system in preventive lightning protection. J Electrostat, 2009. – Vol.2-3. – №67. P. 477-481.

Повышение эффективности мероприятий по обеспечению безопасности муниципальных образований в лесопожарный период

А.Н. Лысенко^{1,2}, Г.А. Николаев¹

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФКУ ЦУКС ГУ МЧС России по Новосибирской области

В рамках реализации государственной политики в области обеспечения пожарной безопасности и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций Сибирским региональным центром начиная с 2016 года разработан ряд методических рекомендаций, которые в виде приоритетных направлений развития системы РСЧС нашли поддержку полномочных представителей Президента Российской Федерации и реализуются в практической плоскости на территории Сибирского, Уральского и Дальневосточного федеральных округов.

Одним из таких направлений является создание и организация работы патрульных, патрульно-маневренных, маневренных и патрульно-контрольных групп. Основной целью профилактических групп является предупреждение чрезвычайных ситуаций, обусловленных переходами огня от ландшафтных пожаров на населенные пункты.



Рисунок 1 - Приоритетные направления развития системы РСЧС

Справочно:

в состав патрульных и патрульно-маневренных групп входят специалисты органов местного самоуправления, члены общественных объединений, организаций и учреждений всех форм собственности, расположенных на территории муниципального образования, местное население и добровольцы.

В состав патрульно-контрольных входят представители надзорных органов (МЧС России, МВД России, Россельхознадзора, Прокуратуры) в полномочия которых входит принятие мер административного воздействия к физическим и юридическим лицам за нарушение требований Особого противопожарного режима.

Работа профилактических групп, наряду с данными дистанционного зондирования Земли (далее ДЗЗ) и других мониторинговых систем («Лесной дозор», «Ясень» и т.д.), являются востребованным инструментом мониторинга и предупреждения ЧС на территории муниципальных образований.

Эффективность их работы в совокупности со своевременно принятыми ограничительными мерами со стороны органов местного самоуправления отлично просматривается на примере Забайкальского края в сравнении с Амурской областью и Приморским краем (в Забайкальском крае работа по созданию и функционированию профилактических групп ведется с 2016 года, в Амурской области и Приморском крае – с 2017).

Традиционно со сходом снежного покрова начинается открытие пожароопасного периода с палов растительности и переходов их как в лесной фонд, так и на территорию населённых пунктов.

Начало пожароопасного сезона в 2018 году показывает, что на территории субъектов, которые «первыми открывают» лесопожарный период (Забайкальский край, Амурская область, Приморский край) кардинально отличаются подходы как должностных лиц, уполномоченных в области лесных отношений, так и органов местного самоуправления.

Сравнительный анализ температурного режима, осадков и ветровой нагрузки (рис.2) показывает, что эти субъекты находятся практически в одинаковых метеоусловиях, но динамика развития пожароопасной обстановки существенно различается.

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

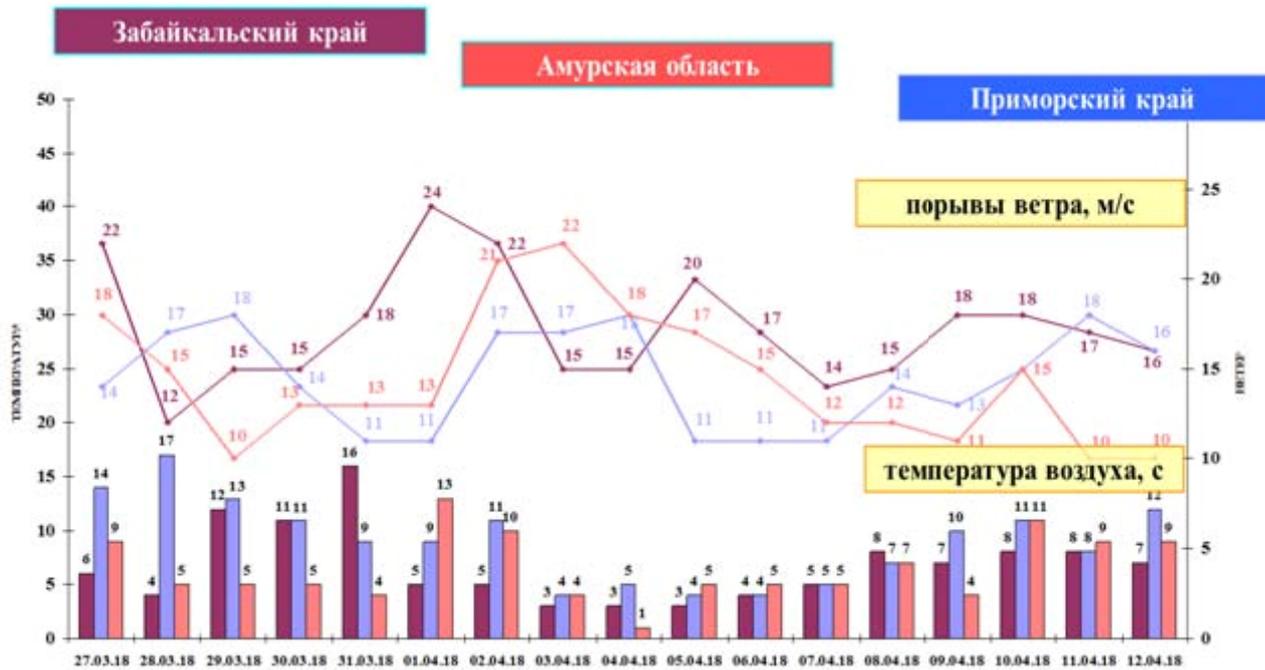


Рисунок 2 - Сравнительный анализ сложившихся метеорологических условий

В соответствии с методикой по созданию и организации работы патрульных, патрульно-маневренных, маневренных и патрульно-контрольных групп определен состав, количество и оснащенность профилактических групп, а главам муниципальных образований рекомендовано активно использовать предложенный механизм для выявления и ликвидации загораний на ранней стадии.

Так, к началу пожароопасного периода 2018 года на территории Забайкальского края создано достаточное количество патрульных групп (798 групп на 739 н.п.) и патрульно-маневренных групп (555 групп на 739 н.п.), что позволяет проводить эффективный наземный мониторинг в пятикилометровой зоне от населённых пунктов.

Напротив, в муниципалитетах Приморского края создано менее половины необходимого (рекомендованного) количества патрульных (318 групп, 49 %) и патрульно-маневренных групп (152 группы, 31 %), в Амурской области создано менее 80% от необходимого количества профилактических групп (патрульных – 506 групп, 81 %, патрульно-маневренных – 378 групп, 78 %).

Таблица 1 - Сведения о создании профилактических групп

Субъект РФ	Количество муниципальных образований	Количество населённых пунктов	Количество созданных патрульных групп	Что составляет % от необходимого количества	Количество созданных патрульно-маневренных (маневренных) групп	Что составляет % от необходимого количества	Количество созданных патрульно-контрольных групп	Что составляет % от необходимого количества
Забайкальский край	35	739	798	100%	555	100%	63	100%
Приморский край	34	644	318	49%	152	31%	27	79%
Амурская область	29	627	506	81%	378	78%	39	100%

Как видно из Таблицы 2, в рассматриваемый период в населённых пунктах Амурской области и Приморского края не была организована должным образом работа патрульных групп.

Таблица 2 - Сведения о результатах работы патрульных групп за период с 1 по 12 апреля 2018 года

Субъект РФ	Привлечение патрульных групп за период, раз	Выявлено возгораний в 5-км зоне от населённых пунктов
Забайкальский край	4 145	356
Приморский край	1 901	27
Амурская область	3 718	45

В Приморском крае по результатам работы патрульных групп, которые привлекались 1 901 раз, было выявлено всего 27 возгораний, в Амурской области группы привлекались 3 718 раз – выявлено всего 45 возгораний.

Напротив, в Забайкальском крае за этот же период (1-12 апреля) группы осуществляли патрулирование более 4 тысяч раз (4 145) и было выявлено 356 возгораний в пятикилометровой зоне от населённых пунктов (что в 8 раз больше, чем выявлено в Амурской области и в 13 раз больше Приморского края).

Ухудшению пожароопасной обстановки в Приморском крае так же могло способствовать несвоевременное введение на территории всего

субъекта ОСОБОГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО РЕЖИМА (далее ОПР). Так, с 30 марта при ухудшении обстановки с природными пожарами, ОПР вводился только на территории отдельных муниципальных образований, а на территории края был введен только с 9 апреля.

Таблица 3 - Сведения о термических точках в субъектах РФ

Дата	Забайкальский край		Приморский край		Амурская область	
	Общее количество термоточек	Из них в 5-км зоне	Общее количество термоточек	Из них в 5-км зоне	Общее количество термоточек	Из них в 5-км зоне
27.03.18	-	-	21	15	26	21
28.03.18	38	22	107	81	161	47
29.03.18	62	33	114	93	244	108
30.03.18	98	46	284	204	241	83
31.03.18	84	36	25	20	180	45
01.04.18	14	7	81	57	264	52
02.04.18	20	4	32	23	66	11
03.04.18	25	13	111	72	159	41
04.04.18	42	15	178	135	290	42
05.04.18	55	29	101	48	327	91
06.04.18	40	18	81	44	337	79
07.04.18	48	26	76	52	61	25
08.04.18	44	19	118	69	81	23
09.04.18	15	8	34	24	152	52
10.04.18	7	3	40	21	133	52
11.04.18	2	-	-	-	51	12
12.04.18	16	5	1	1	42	10
ИТОГО:	610	284	1 404	959	2 815	794

По этой причине в ряде районов не прекращались профилактические отжиги сухостоя (в среднем 65 в сутки) и составляли порядка 70 % (67%) от общего количества выявленных термических точек.

Муниципалитетами и представителями лесной службы не были реализованы в должной мере ограничительные мероприятия, это подтверждается количеством возникающих термических точек в пятикилометровой зоне

Таблица 4 - Сведения о результатах административной работы по фактам возгораний

Субъект РФ	Апрель 2018 г.																										
	01.04			02.04			03.04			04.04			05.04			06.04			07.04			08.04			09.04		
	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%	Возгораний	Протоколов	%
Забайкальский край	27	20	74%	15	13	87%	23	15	65%	29	29	100%	55	41	75%	27	25	93%	42	35	83%	42	30	71%	34	28	82%
Амурская область	6	0	0%	24	4	17%	69	8	12%	66	8	12%	51	4	8%	109	29	27%	51	21	41%	42	20	48%	70	16	23%
Приморский край	8	4	50%	5	2	40%	18	3	17%	49	12	24%	49	12	24%	34	18	53%	25	9	36%	68	13	19%	21	9	43%

Ежедневное увеличение количества возгораний на территории Амурской области и Приморского края свидетельствует о том, что системная профилактическая работа по выявлению причин возникновения и пресечению неконтролируемых палов не организована.

Это подтверждается низкими показателями результатов административной работы – в среднем менее 30 % вынесенных протоколов по зарегистрированным фактам возгораний.

В Амурской области по 548 фактам возгораний было составлено всего 143 (24 %) административных протокола по статьям 20.4, 8.32, 8.25, 8.26, 8.28, 8.32, 8.8 Кодекса об административных правонарушениях. В Приморском крае по 303 фактам возгораний было составлено всего 99 протоколов (30 %).

Напротив, на территории Забайкальского края, эффективная профилактическая работа выражается в привлечении патрульно-контрольных групп практически по каждому случаю возгорания, выявлению виновников и привлечению их к ответственности (в отдельные дни до 100%).

Исходя из того, что весной именно бесконтрольность выжиганий сухой растительности являются одной из основных причин лесных пожаров, целесообразно рассматривать влияние деятельности органов управления РСЧС по их недопущению на показатели, характеризующие развитие лесопожарной обстановки.

Таблица 5 - Случаи перехода огня с земель с/х назначения в лесную зону

Приморский край	Термическая точка № 6187, Ханкайский район		
	27.03.2018	28.03.2018	29.03.2018
	Плановый отжиг	Плановый отжиг	Лесной пожар № 37/12, площадь 100 га
	Термическая точка № 10476, Ольгинский район		
	27.03.2018	03.04.2018	04.04.2018
	Плановый отжиг	Плановый отжиг	Лесной пожар № 67/20, площадь 200 га
Амурская область	Термическая точка № 11894, Магдагачинский район		
	29.03.2018	02.04.2018	03.04.2018
	Плановый отжиг	Плановый отжиг	Лесной пожар № 7, площадь 20 га
	Термическая точка № 8709, Зейский район		
	25.03.2018	01.04.2018	05.04.2018
	Плановый отжиг	Плановый отжиг	Лесной пожар № 1/1, площадь 980 га

При проведении детального анализа достаточности мер по обеспечению контроля над профилактическими выжиганиями неоднократно были выявлены факты перехода огня в лесную зону.

На территории Приморского края: в Ханкайском и Ольгинском районах с 27 марта проводились плановые отжики, а уже 29 и 4 апреля в ближайших лесных массивах были обнаружены лесные пожары площадью 100 и 200 га соответственно. На территории Амурской области в Магдагачинском и Зейском районах аналогичная ситуация.

Сравнение площадей возникающих пожаров показывает, что на территории Забайкальского края средняя площадь при обнаружении пожара не превышает 25 га, тогда как в Приморском крае и Амурской области этот показатель составляет от 36 до 96 га соответственно, что свидетельствует о несвоевременном обнаружении пожаров (табл.6).

Таблица 6 - Сведения о площадях обнаружения и ликвидации лесных пожаров

Субъект РФ	Средняя площадь обнаружения, га	Средняя площадь ликвидации, га	Динамика увеличения площадей
Забайкальский край	25	45	в 1,8 раза
Приморский край	36	256	в 7,1 раза
Амурская область	96	940	в 9,8 раза

Значительные площади пожаров при обнаружении в Амурской области привели к увеличению площади пройденной огнём почти в 10 раз, в Приморском крае – в 7 раз, в то же время в Забайкальском крае данный показатель не превышал 2 раз.

В Приморском крае и Амурской области несвоевременность обнаружения и, как следствие, недостаточность применения сил и средств на начальном этапе тушения, приводили к значительному увеличению площадей, а большая часть возникших лесных пожаров не ликвидировалась в первые сутки (табл.7).

Таблица 7 - Показатели по ликвидации лесных пожаров в первые сутки

Дата	Забайкальский край		Приморский край		Амурская область	
	количество возникших	% ликвидированных	количество возникших	% ликвидированных	количество возникших	% ликвидированных
27.03.2018	1	100	6	50		
28.03.2018	6	50	7	29		
29.03.2018	1	100	18	39		
30.03.2018	9	100	13	38		
31.03.2018	13	100	5	40	1	0 %
01.04.2018	7	100	2	50		
02.04.2018	4	100	3	70	15	27
03.04.2018	6	100	7	29	14	29
04.04.2018	7	86	17	35	6	0 %
05.04.2018	11	91	17	65	26	46
06.04.2018	7	86	18	11	19	26
07.04.2018	17	94	4	50	9	56
08.04.2018	13	85	8	50	5	0 %
09.04.2018	10	90	9	22	14	29
10.04.2018	6	100	6	83	15	33
11.04.2018					7	14
12.04.2018	7	43			7	57
ИТОГО	125	89%	140	44%	138	12%

Напротив, на территории Забайкальского края именно активная профилактическая работа, направленная на раннее выявление возгораний, позволила из 125 возникших пожаров ликвидировать почти 90 % в день обнаружения.

Объективно низкие аналогичные показатели отмечались в Приморском крае – из 140 возникших пожаров только 44 % были ликвидированы в день обнаружения.

В Амурской области данный показатель еще ниже – из 138 возникших пожаров только 12 % удалось ликвидировать в первые сутки, что в 3 раза меньше, чем в Забайкальском крае, при практически равном количестве возникших пожаров.

Анализ достаточности сил и средств в соответствии с Методикой Рослесхоза показывает, что если недостаточность привлекаемых ресурсов на начальном этапе составляла порядка 50 человек в сутки, то в последующем нехватка людей уже составляла более 1 тысячи человек в Приморском крае и более 2 тысяч человек в Амурской области (табл.8).

Таблица 8 - Сравнительный анализ достаточности сил и средств на лесных пожарах

Дата	Привлечённые силы на тушение лесных пожаров								
	Забайкальский край			Приморский край			Амурская область		
	Пожары	Площадь	Человек	Пожары	Площадь	Человек	Пожары	Площадь	Человек
27.03.2018	0	0	139(0)	4	129,1	35 (-16)	0	0	0
28.03.2018	3	270	81(+34)	6	134	41 (-43)	0	0	0
29.03.2018	2	320	119(+81)	12	167,5	165(+9)	0	0	0
30.03.2018	4	103	150(+92)	16	459,5	123(-123)	0	0	0
31.03.2018	9	353	278(+138)	11	1323	94 (-93)	1	200	0
01.04.2018	0	0	278(+250)	7	1034	61 (-61)	0	0	0
02.04.2018	2	75	27(+3)	4	566	49 (-15)	11	860	161 (-13)
03.04.2018	3	149,5	46(+2)	8	1590	130 (-100)	17	6280	343 (-339)
04.04.2018	5	69	58(+13)	18	1039,6	203 (-44)	17	15429	410 (-1478)
05.04.2018	7	181	79(+13)	19	3059,28	236 (-214)	26	28024	525 (-2267)
06.04.2018	6	123,5	90(+10)	25	9686,8	262 (-882)	30	41559	650 (-3533)
07.04.2018	14	461	247(+30)	18	12324	267 (-1035)	20	51247	455 (-4492)
08.04.2018	12	524	271(+102)	18	12731,5	256 (-1077)	14	26308	329 (-2243)
09.04.2018	6	1106	157(+15)	19	11428,5	195 (-1055)	19	28936	451 (-2369)
10.04.2018	5	71	128(+50)	8	7939	76 (-1018)	18	19210	389 (-2448)
11.04.2018	0	0	0 (0)	1	29	9 (-4)	15	24700	428 (-2440)
12.04.2018	4	142	87(0)	0	0	0 (0)	16	39308	551 (-4186)

На Рисунке 3 в виде хронологии представлены конкретные примеры неэффективного тушения лесных пожаров из-за недостаточного привлечения сил и средств на ранней стадии развития.

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

Приморский край				Амурская область			
Дата	Привлечённые силы на тушение лесного пожара №54/15 в Дальнегорском районе			Дата	Привлечённые силы на тушение лесного пожара №5 (3) в Зейском районе		
	Площадь, Га	Человек	Техн.		Площадь, Га	Человек	Техн.
03.04.18	10	5	1	05.04.18	130	6	2
04.04.18	200	5	1	06.04.18	200	13	4
05.04.18	200	5	1	07.04.18	870	25	4
06.04.18	1000	5	1	08.04.18	1530	39	8
07.04.18	1300	25	6	09.04.18	1730	48	10
08.04.18	1300	17	4	10.04.18	3820	49	11
09.04.18	1600	18	6				

Рисунок 3 - Примеры неэффективного тушения лесных пожаров

Приморский край, Дальнегорский район. Лесной пожар был обнаружен 3 апреля на площади 10 га, задействовано на обслуживание 5 человек, 4 апреля его площадь составляла уже 200 га и только на четвёртые сутки при площади в 1 300 га группировка была увеличена до 25 человек и 6 единицы техники при текущей расчётной потребности более 200 человек. Данный пожар был ликвидирован только 9 апреля на площади 1 600 га.

Аналогичная ситуация в Амурской области, Зейский район. При обнаружении лесного пожара 5 апреля на площади 130 га на его обслуживание было привлечено всего 6 человек и 2 единицы техники, а уже 10 апреля этот пожар имел площадь в 3850 га, а обслуживанием занимались только 49 человек из 500 необходимых.

Проведенный сравнительный анализ условий возникновения возгораний, эффективности работы профилактических групп в период ухудшения обстановки, достаточности предпринимаемых мер со стороны администраций муниципалитетов, а так же своевременная и качественная работа надзорных органов (по принятию мер административного воздействия к физическим и юридическим лицам за нарушение требований ОПР) на примере Забайкальского края, позволяют не допускать перехода огня от палов растительности на жилые постройки, а так же значительно сокращать количество и площади пожаров при оперативном реагировании на факты возгораний совместно с представителями лесной службы.

Список использованных источников

1. Методические рекомендации СРЦ МЧС России для оперативных дежурных единых дежурно-диспетчерских служб по рискам возникновения чрезвычайных ситуаций.

2. Методические рекомендации СРЦ МЧС России от 05.05.2017 № 4-8-4599 главам муниципальных образований по созданию и организации работы старост населённых пунктов, патрульных, патрульно-манёвренных, манёвренных и патрульно-контрольных групп.

3. Методические рекомендации СРЦ МЧС России от 31.05.2017 № 11-9-5403 по порядку создания и организации работы патрульных, патрульно-манёвренных, манёвренных и патрульно-контрольных групп.

Совершенствование системы мониторинга пожарной опасности в степной зоне и применение эффективных способов и методов противопожарной защиты населенных пунктов на примере Краснокаменского района Забайкальского края

А.С. Ковальский

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Введение

Степной пожар - стихийное, неконтролируемое распространение огня по растительному покрову степей. По механизму распространения огня схож с другими природными пожарами, но скорость распространения степного пожара выше, что обусловлено рядом факторов, а именно большей горючестью сухих степных трав и большей скоростью приземного ветра в степи. Наносит урон естественной среде (растительному покрову и животному миру), может представлять опасность для людей и объектов экономики. [1]

Характеризуются возникновением одного или нескольких очагов, которые достаточно быстро распространяются на значительные территории. Такие природные пожары обладают высокой скоростью распространения, достигающей в определенные моменты 80 км/ч. Этот фактор обусловлен большим количеством сухой растительности и прочих легковоспламеняющихся материалов. Степные пожары характерны для весны, когда прошлогодняя трава высыхает после схода снега, а также конца лета и осени. В летний период степные пожары практически не возникают.

Анализ действующих систем мониторинга

Роль системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в управлении рисками возникновения чрезвычайных ситуаций, их ликвидации и снижения последствий бесспорна. Как показывает анализ, затраты на прогнозирование и обеспечение готовности к реагированию на чрезвычайные ситуации существенно меньше по сравнению с предотвращенным ущербом.

Под словом мониторинг понимается система постоянного наблюдения за явлениями, процессами, происходящими в жизнедеятельности человечества, а так же природной среде для предвидения риска возникновения чрезвычайных или потенциально опасных ситуаций.

Точное определение представляет собой, как система наблюдений и контроля, проводимых постоянно во времени для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления отклонений от «естественной плоскости». Следовательно, в зависимости от масштаба возможного возникновения ЧС выделяют мониторинг: глобальный, региональный, импактный, базовый.

Глобальный мониторинг - наблюдение за общими процессами и явлениями на уровне мирового сообщества, оценка и прогнозирование возможных изменений и угроз.

Региональный мониторинг - слежение за процессами и явлениями в определенных регионах, где эти процессы и явления отличаются по природному характеру или по антропогенным воздействиям, оценка и прогнозирование возможных угроз для населения данной территории.

Импактный мониторинг - анализ процессов и явлений в особо опасных зонах, непосредственно примыкающих к источникам загрязняющих веществ, оценка и прогнозирование возникновения возможных угроз.

Базовый мониторинг - слежение за состоянием природных систем, их оценка и прогнозирование возможных изменений.

Общей целью мониторинга опасных явлений и процессов является повышение точности и достоверности прогноза ЧС на основе объединения интеллектуальных, информационных и технологических возможностей различных ведомств и организаций, занимающихся вопросами мониторинга.

Наиболее отработанной и широко применяемой в мире является технология космического обнаружения и мониторинга природных пожаров благодаря использованию многочисленной космической группировки спутников (радиометры MODIS, геостационарные метеоспутники, NOAA, TRMM, AQUA, TERRA, DMSP).

Выделяются несколько международных систем космического мониторинга. Например, такие как американская система The Fire Information for Resource Management System (FIRMS), созданная на базе агентства по авиации и исследованию космического пространства (NASA), европейская система Disaster Monitoring Constellation (DMC), китайская система (система первого этапа «2+1») или российская система (СКМ ЧС). Данные системы имеют как преимущества, так и недостатки. Чтобы повысить эффективность данных систем была

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

организованна Международная Хартия по космосу и крупным катастрофам (англ. International Charter on Space and Major Disasters, иногда Международная хартия «Космос и стихийные бедствия») — международное некоммерческое соглашение (хартия), которая предусматривает благотворительное использование снимков, полученных с различных спутников дистанционного зондирования Земли, в случае крупных катастроф.

Рассмотрим практическую работу систем мониторинга и прогнозирования пожарной опасности на примере Забайкальского края в определённый временной промежуток. Дата наблюдения взята 19 апреля 2019 года. (В указанный временной промежуток в Забайкальском крае был введен режим ЧС в связи с природными пожарами) [2].

 МЧС РОССИИ ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ПО ЗАБАЙКАЛЬСКОМУ КРАЮ (Главное управление МЧС России по Забайкальскому краю) ул. Костюшко-Григорьевича, 37, г. Чита, 672000 Телефон: (3022)23-08-88 Факс: (3022)32-30-68 E-mail: centr_chita@rambler.ru от «18» апреля 2019 г. № 326-6-10	<table border="1"><tr><td>Учетный номер</td></tr><tr><td>6.1.1</td></tr><tr><td>АРМ №14</td></tr></table> <p>Главам администраций муниципальных районов и городских округов Забайкальского края Начальникам пожарно-спасательных гарнизонов Бурятский филиал ОАО «Ростелеком» ОАО «ЗабЭЛ» филиал ОАО «РЖД» ПАО «ТГК-14» ООО «Коммуналшю» ОАО «АэроЧита» УПРДОР «Забайкальск» ГУ «Забайкальскспас» (отдел пожарной связи противопожарной службы) ОАО «МРСК Сибирь» «Читаэнерго» ОАО «ФСК ЕЭС» ГУЗ «Забайкальский ПТМК» Государственная лесная служба (отдел охраны) КГСГАУ «Забайкальсклес» ФГАУ «Оборонлес» Минобороны России УМВД по Забайкальскому краю УМВД оперативный отдел Управление ФЭС Региональная диспетчерская служба по Забайкальскому краю КТУ «Управление лесничествами Забайкальского края» ОДС ЦУС Забайкальского предприятия магистральных электрических сетей ООО «РН Востокнефтепродукт»</p>	Учетный номер	6.1.1	АРМ №14
Учетный номер				
6.1.1				
АРМ №14				

**Прогноз возможных чрезвычайных ситуаций
на территории Забайкальского края на 19.04.2019 г.**
*(при составлении прогноза использована информация региональных территориальных УГМС,
ГИМС, прогнозов ЧС территориального ОМП, статистических данных, Государственной лесной
службы Забайкальского края, филиалов геофизической службы СО РАН,
филиалов федеральных энергетических компаний)*

Опасные и неблагоприятные метеорологические явления

ОЯ. Днём 19 апреля и в ночь на 20 апреля местами по южной половине Забайкальского края ожидается очень сильный ветер с порывами 25-28 м/с

1. Исходная обстановка (оценка состояния явлений и параметров ЧС)
1.1 Источники ЧС природного характера
1.1.1 Метеорологическая обстановка
За прошедшие сутки осадки зарегистрированы в 8 - ми районах: Нерчинско-Заводском (1,1 мм), Читинском (1,05 мм), Улетовском (1 мм), Приаргунском (0,9 мм), Хилокском (0,7 мм), Борзинском (0,5 мм), Агинском (0,3 мм), Шилкинском (0,1 мм).
1.1.3 Лесопожарная обстановка
По средствам космического мониторинга (произведен 1 снимок в результате 1 - го пролета спутника) на территории Забайкальского края выявлено 2 термические точки, в 2 - х районах края, из них:
1 – пал растительности (Могочинский район – 1).
1 – не подтвердилась (Газимуро-Заводский район – 1).
1.2 Источники ЧС техногенного характера
Потушено 52 пожара, погибших нет, травмирован 1 человек, спасен 1 человек. Привлекалось 362 человека личного состава, 109 ед. техники.

2. Прогноз чрезвычайных ситуаций и происшествий
2.1 Прогноз ЧС, вызванных источниками природного характера

Рисунок 1 - фрагмент донесения прогноза ЧС на 19.04.2019 года

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

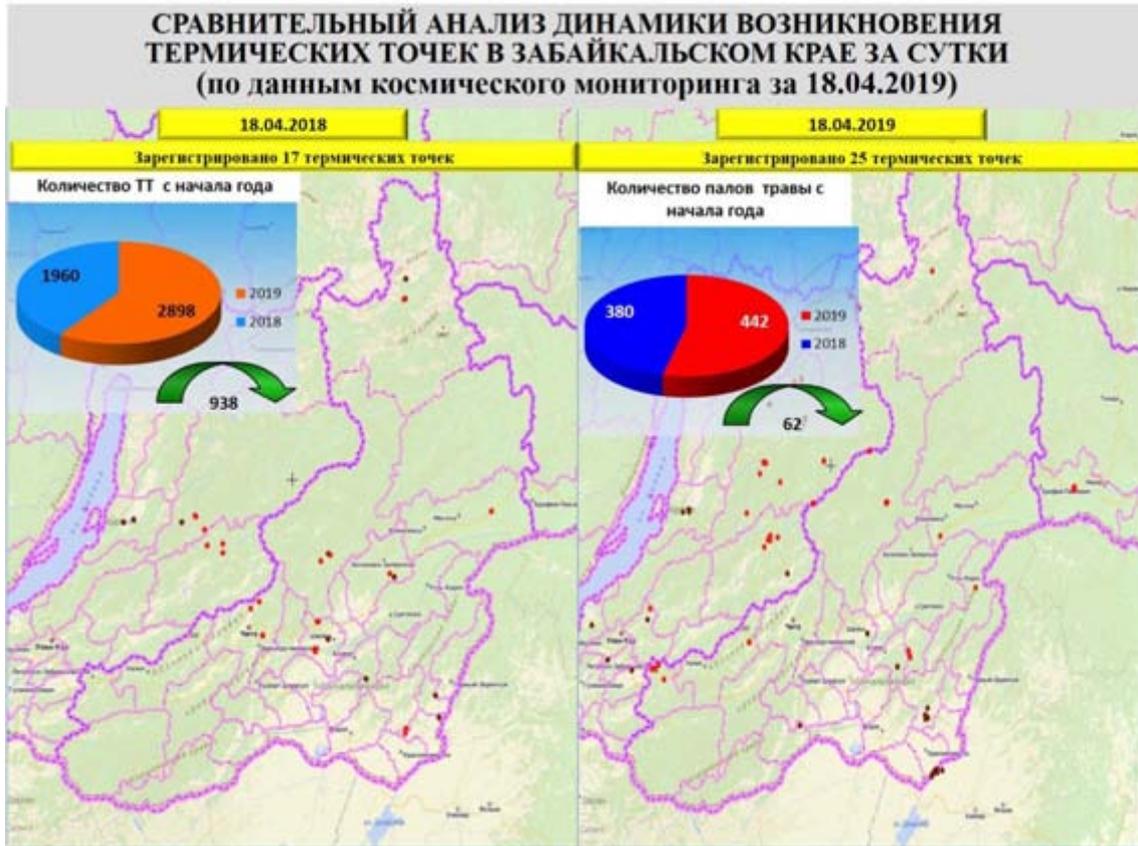


Рисунок 2 - Сравнительный анализ по термоточкам к докладу на 19.04.2019 года

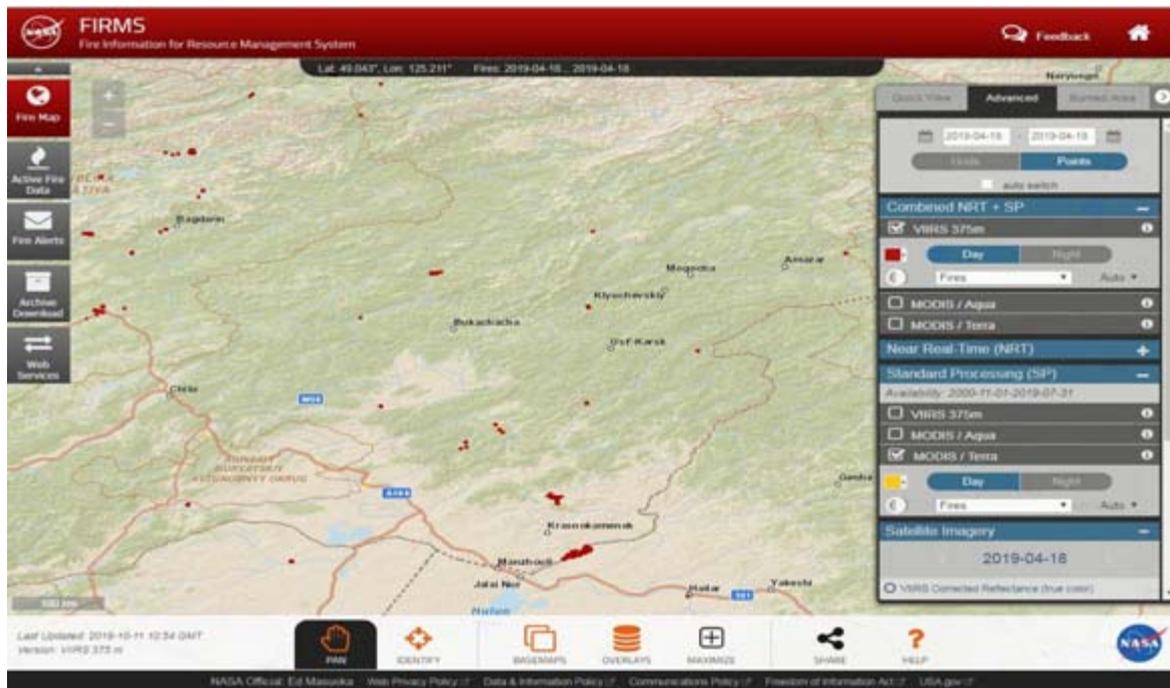


Рисунок 3 - Карта термоточек Забайкальский край 18.04.2019 от системы мониторинга FIRMS

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

Как мы видим из рисунков 1,2,3, по прогнозу на 19.04.2019 года по Забайкальскому краю ожидалось усиление порывов ветра ветра до 28 м/с, направление ветра преимущественно северо-западное. Действующих 18 термитических точек на 19.04.2019. Был введен запрет на отжиг сухой растительности. Теперь посмотрим ситуацию на 19.04.2019 года

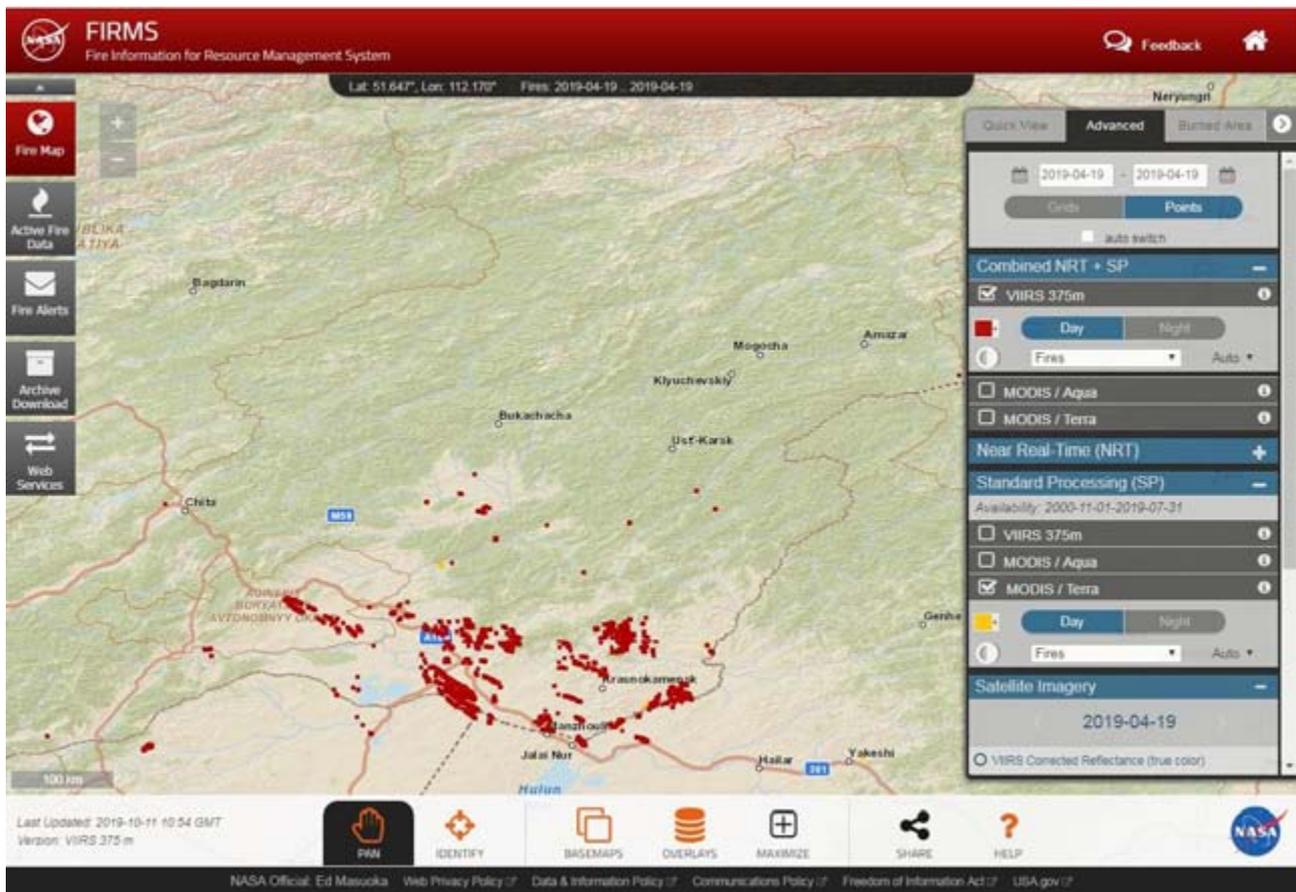


Рисунок 4 - Карта термоточек Забайкальский край 19.04.2019 от системы мониторинга FIRMS

Как мы видим, в результате смены направления ветра с северо-западного на юго-западный с порывами до 40 м/с, действующий степной пал на границе с Китаем распространился на всю южную и юго-восточную часть Забайкалья.

Одним из крупных недостатков системы космического мониторинга является актуальность информации, то есть данная система не позволяет оперативно отслеживать ситуацию на определенном месте на текущий момент. Задержка информации может составлять до нескольких часов, а если учитывать что скорость распространения

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

степного пожара на прямую связанна со скоростью приземного ветра, то получается что актуальность информации по действующему степному пожару теряется. Отсюда можно сделать вывод о том, что мониторинг действующих степных пожаров только при помощи космического мониторинга не достаточен.

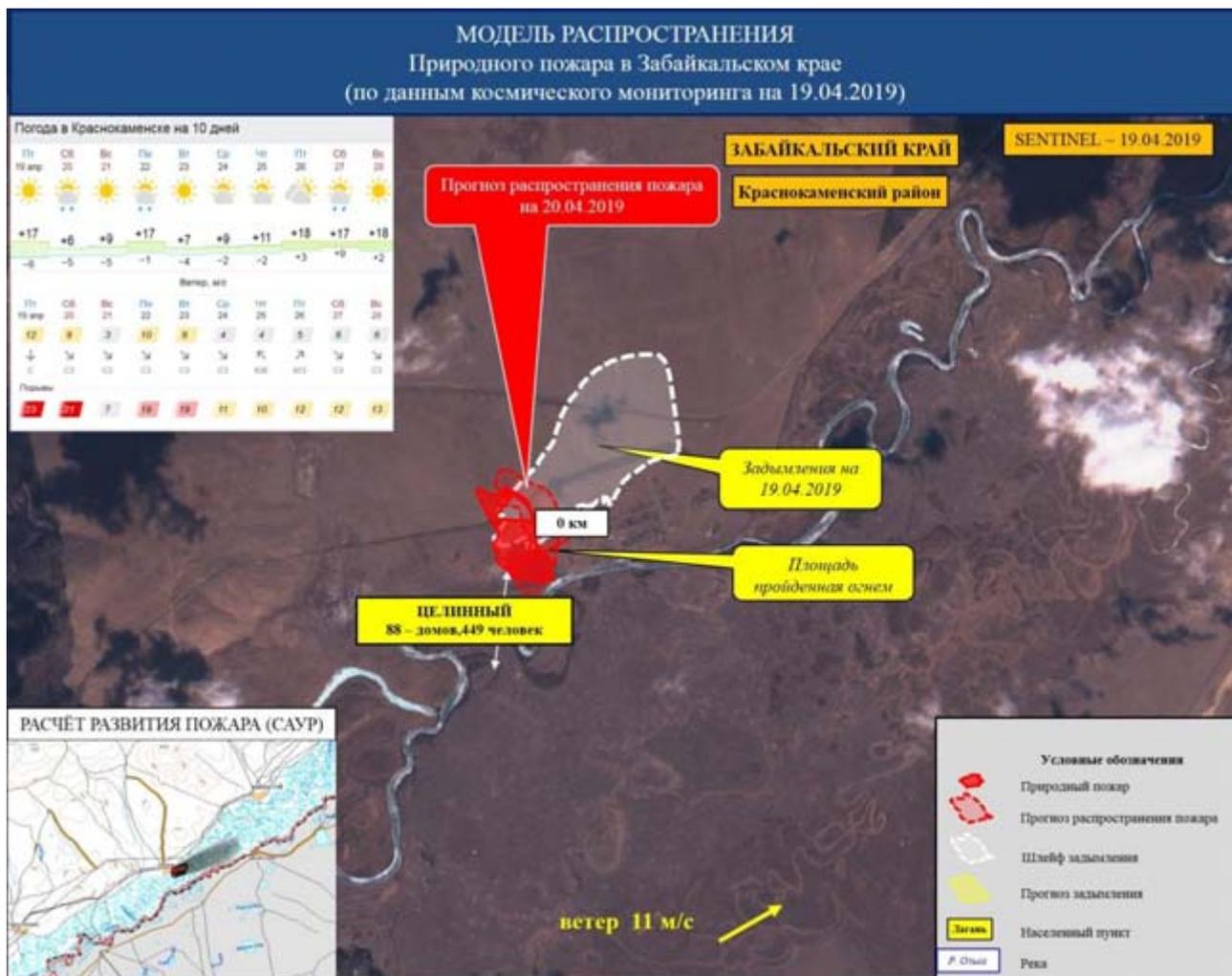


Рисунок 5 - Моделирование степного пожара в районе с. Целинный Забайкальского края

Рассмотрим модель распространения степного пожара в районе сельского поселения Целинный Краснокаменского района Забайкальского края (рис. 5). Как видно из данной модели, степной пожар распространяется в восточном направлении.

Описание пожара в районе села Целинный Краснокаменского района 19.04.2019 года.

Ход тушения, руководство тушением пожара

19.04.2019 года в 23 часа 27 минут на пульт центрального пункта пожарной связи СПТ ФГКУ «1 отряд ФПС по Забайкальскому краю» (далее – ЦППС) поступило сообщение от гр. Авдеева М.О. о том, что к его фермерской стоянке подошел степной пал, требуется помощь, загорелись хозяйственные постройки. Стоянка находится за селом Целинный на расстоянии 7 км».

В 23 часа 53 минут в пути следования старший на втором отделении ПСЧ-9 старший лейтенант внутренней службы Зонов Е.А. передал информацию по радиостанции на ЦППС: «Проезжая мимо зернохранилища «ЗабайкалАгро» вижу открытое горение 2-х складов из 4, на месте только сторож, просит помощи. Площадь пожара около 4000 м² есть угроза перехода огня на смежные склады. Жду указаний по дальнейшим действиям».

В 23 часа 57 минут подача 1 ствола «высокого давления» от АЦ второго отделения ПСЧ-9 на защиту соседнего склада. К месту пожара направлены следующие силы и средства:

- 2 единицы приспособленной техники – 1 ЗИЛ(130) с емкостью 3м³ АТТ ПАО «ППГХО», 1 ГАЗ (53) с емкостью 4м³ ДПД с. Целинный.
- 2 единицы вспомогательной техники -2 МТЗ-82 с емкостью 4 м³ «ЗабайкалАгро».
- 11 человек - 8 человек ДПД «Целинного», 2 работника «ЗабайкалАгро», 1 работник ПАО ППГХО.
- 20.04. 2019 в 00 часов 08 минуты локализация на площади 4000 м².
- 20.04. 2019 в 04 часов 02 минуты ликвидация.

Всего для тушения и защиты зернохранилища «ЗабайкалАгро» было привлечено 5 единиц техники (1АЦ ПСЧ-9, 4 единицы приспособленной и вспомогательной техники ДПД Целинный, ЗабайкалАгро, ПАО «ППГХО») и 18 участников тушения пожара- 3 сотрудника и 4 работника ФПС, 8 человек ДПД «Целинного», 2 работника «ЗабайкалАгро», 1 работник ПАО ППГХО.

Метеоусловия на момент пожара: температура воздуха – ночью плюс 2 градуса Цельсия, днём плюс 12 градусов Цельсия, ветер ночью северо-западный 25-28 м/сек, порывы до 35 м/сек, днём юго-восточный 29-32 м/сек, порывами до 45 м/сек.

Всего на тушение пожара было подано 3 ствола: 1 – СВД и 2 – РСК -50. Для тушения пожара применялась вода.

Обстоятельства, способствовавшие возникновению развитию пожара:

1. Действующий степной пал в Краснокаменском районе;
2. Неблагоприятные погодные условия, ветер порывами до 45 м/с;
3. Безводный участок, отдаленность от ближайшей водокачки 2 км;
4. Отсутствие на объекте связи;
5. Удаленность и неудовлетворительное состояние дорог;
6. Большая пожарная нагрузка (зерно, сухая растительность между забором и складами);

Последствия пожара:

В результате пожара огнем уничтожено 2 металлических ангара арочного типа на общей площади 3200 м². Вид и количество уничтоженного зерна устанавливается. [4]



*Рисунок 6 - Фотоснимок 19.04.2019 года Краснокаменский район
Забайкальский край с места пожара
на зернохранилище «ЗабайкалАгро»*

Совершенствование мониторинга пожарной опасности.

Совершенствование мониторинга пожарной опасности заключается в применении методики расчета скорости распространения пожара с учетом влияния скорости ветра и рельефа местности [5].

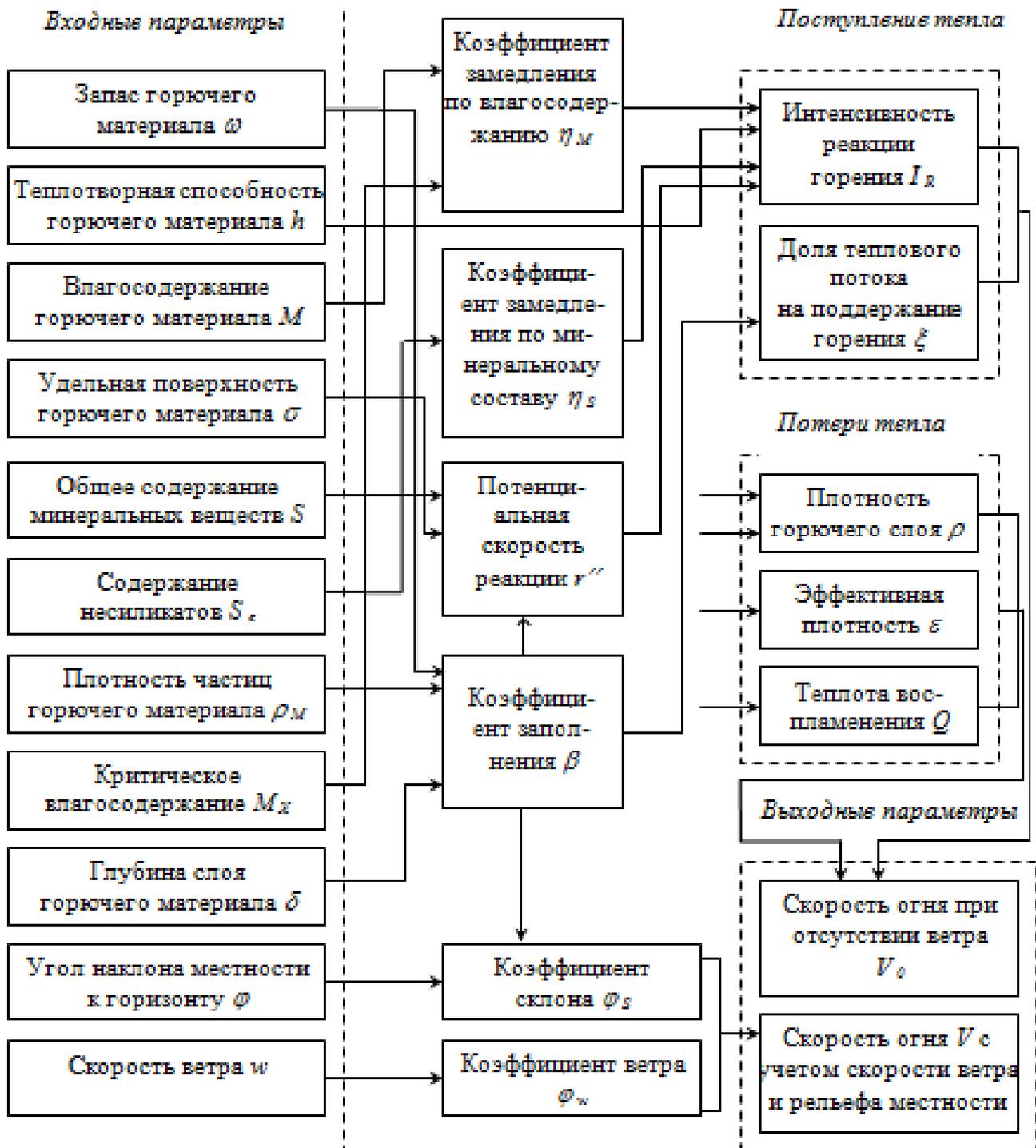


Рисунок 7 - Структурная схема расчета скорости распространения огня при природном пожаре с учетом скорости ветра и рельефа местности

Внедрение данной методики существенно влияет на расчет максимального времени подхода фронта огня к населенному пункту, что позволяет более точно моделировать чрезвычайные ситуации, связанные с пожарной опасностью.

Вывод:

Осуществлен анализ существующих систем мониторинга пожарной опасности. Рассмотрены преимущества и недостатки данных систем. Предложены пути для совершенствования систем мониторинга пожарной опасности.

Список использованных источников

1. [Электронный ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Степные_пожары
2. [Электронный ресурс] <https://www.garant.ru/hotlaw/chita/1270729/>
3. [Электронный ресурс] <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map>
4. Исследование пожара от 19.04.2019 года ООО «Забайкалагро»
5. Бахтиярова О.Н. Методика расчета скорости распространения пожара с учетом влияния скорости ветра и рельефа местности // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. №1 (36). С. 62-68
6. Справочный и наглядный материал ОМП ЦУКС ГУ МЧС по Забайкальскому краю.

**Анализ средств трёхмерного моделирования
для решения задач по визуализации сценариев
развития чрезвычайных ситуаций и пожаров**

Г.Г. Демьянов, В.В. Лащинский, Г.А. Николаев

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

В настоящее время трёхмерное моделирование активно применяется в различных сферах обеспечения безопасности.

Существует значительное количество программных продуктов для 3D моделирования. Ознакомившись с ними в контексте практического решения различных прикладных задач, предлагается проанализировать возможности популярных программ для трёхмерного моделирования, такие, как AutoCAD, ArchiCAD и Revit.

ArchiCAD. В программе предусмотрены различные инструменты и объекты. К ним относятся строительные объекты, элементы организации электроснабжения, водоснабжения и противопожарного оборудования, а также разнообразные элементы мебели.

В ArchiCAD реализована возможность моделирования на разных строительных уровнях (этажах). Например, при работе на разных этажах, выполнив предыдущий нижний этаж, можно видеть какие элементы и объекты на нём расположены и учитывать эту информацию при разработке следующего этажа.

Когда внешние элементы объекта готовы, можно приступать к оборудованию помещений, при этом существует возможность загружать объекты в расширенную библиотеку из Интернета.

После выполнения объекта его можно визуализировать в трёхмерном пространстве.

AutoCAD. Для работы в программе используются инструменты, преимущественно подходящие для оформления чертежей и двумерной графики. Это линии, дуги, точки, круги. Разные, в большей степени, геометрические формы, которые используют для специализированной конструкторской или строительной документации.

Revit по своим возможностям и функционалу очень схож с ArchiCAD, является более новым средством и отличается тем, что в её работе поддерживается технология BIM. BIM проектирование – это новейший метод построения архитектурной модели, сочетающий в себе все элементы будущего здания.

Основные результаты проведённого сравнительного анализа представлены в Таблице.

Таблица 1 - Результаты анализа средств трёхмерного моделирования

Решаемые задачи	AutoCAD	ArchiCAD	Revit
Работа с 2D объектами	Интерфейс программного продукта и внутренние настройки инструментов направлены на максимальное решение задач, связанных с двухмерным черчением	Программа в большинстве случаев используется для построения 3D моделей и рассчитана на профессиональных архитекторов. Не подразумевает отдельного использования под графические нужды	Revit имеет схожий функционал с ArchiCAD. Это более новое программное обеспечение с упрощенным интерфейсом. Рассчитана на построение 3D модели и технологию BIM проектирования
Работа с 3D объектами	Так как AutoCAD больше направлен на решение инженерных задач, не подразумевается его использование для проработки трёхмерных изображений. Такой функционал присутствует, однако на практике применяется крайне редко	Основной модуль программы имеет широкую линейку инструментов, направленных на 3D моделирование	Программа позволяет быстро обучаться трёхмерному моделированию и приобретает всё большую популярность за счёт удобных инструментов
Обработка объёмной модели	Есть встроенный рендер, но он не подразумевает получение качественного изображения	ArchiCAD сочетает в себе функции построения и обработки объёмного изображения, однако для лучшего качества изображения прибегают к специализированным программам типа 3DsMax	Так как это достаточно новый продукт, он даёт неплохое качество изображения

Существует много различных способов создания трёхмерных моделей, каждый из которых применяется для решения прикладных задач в той или иной сфере деятельности.

В системе МЧС России трёхмерное моделирование внедряется в практическую деятельность органов управления на основании разработанных наставлений [1] и рекомендаций [2].

На примере задач, решаемых органами повседневного управления в области мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и пожаров, предлагается способ с применением технологий трёхмерного моделирования для визуализации сценариев развития обстановки.

Визуализация сценариев развития чрезвычайных ситуаций подразумевает два этапа:

- создание трёхмерных моделей потенциально-опасных объектов и объектов с массовым пребыванием людей;
- моделирование опасных природных и техногенных процессов.

Первый этап может быть реализован различными средствами трёхмерного моделирования, включающими похожие стандартные инструменты для визуализации строительных, технологических и объёмно-планировочных решений.

В этом случае при выборе конкретного способа реализации к преимуществам будут относиться оперативность моделирования или точность отображения конструкторских и строительных решений, в зависимости от ожидаемого результата решаемой задачи.

В контексте визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций высокий приоритет имеет оперативность моделирования с возможностью дальнейшего импортирования объекта, а точность строительных параметров может включать только моделирование основных объёмно-планировочных и строительных элементов.

Ключевым, в контексте решаемой задачи по визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций, является второй этап.

На втором этапе требуется выбрать такое программное обеспечение, которое способно, во-первых, корректно импортировать все разработанные модели потенциально-опасных объектов, во-вторых, моделировать вариативные и абсолютно не похожие ситуации, учитывая наличие разнообразных рисков и источников чрезвычайных ситуаций.

Если рассматривать процесс визуализации сценария строго по определённому риску развития чрезвычайной ситуации для одного конкретного объекта, то выбор программного обеспечения для решения такой задачи может быть индивидуальным, с приоритетом на высокую специализированную направленность.

Напротив, если рассматривать задачу по визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций и пожаров для определённых территорий (объект, муниципальное образование или субъект Российской Федерации), включающих целые комплексы природных и техногенных рисков возникновения, то при этом необходимо использовать некий универсальный способ применения имеющихся технологий трёхмерного моделирования.

На основании результатов проведённого анализа существующих средств трёхмерного моделирования и имеющегося практического опыта работы в ЦУКС ГУ МЧС России по Красноярскому краю, предлагается оптимальный способ визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций и пожаров, основанный на комплексном применении программных средств ArchiCAD и 3DsMax.

Для ЦУКС ГУ МЧС России по Красноярскому краю на сегодняшний момент уже разработана обширная база трёхмерных моделей потенциально-опасных объектов и объектов с массовым пребыванием людей с применением ArchiCAD и 3DsMax (Рис. 1).



Рисунок 1 – Пример трёхмерной модели потенциально-опасного объекта

На первом этапе визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций предлагается использовать программные средства ArchiCAD для создания моделей зданий и сооружений, характеризующихся допустимой заданной точностью (детализацией) строительных и технологических элементов (Рис. 2).



Рисунок 2 – Пример трёхмерной модели, выполненной в ArchiCAD

После этого, используя алгоритмы сохранения размеров, группировки элементов и переноса текстур объекта с применением встроенных функций ArchiCAD, созданный объект может импортироваться в программную среду Autodesk 3DsMax.

Применение программных средств 3DsMax позволяет создать законченную трёхмерную сцену, настроить рельеф местности, детализировать объекты окружающей местности и инфраструктуры, повысить реалистичность поверхностей с использованием дополнительных текстур. Всё это касается скорее совершенствования созданной модели объекта перед переходом к следующему этапу.

На следующем этапе особенностью предлагаемого способа визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций является применение широких возможностей встроенных инструментов 3DsMax по визуализации развития опасных природных и техногенных процессов, основанные на физических и математических принципах взаимодействия объектов и среды.

Для моделирования взрывов, горения, обрушений, затоплений, выбросов аварийно химически опасных веществ, разливов нефтепродуктов предлагаемый способ визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций представляется оптимальным (Рис. 3).



Рисунок 3 – Пример визуализации сценария развития чрезвычайной ситуации

Помимо этого, предложенный способ позволяет визуализировать последствия чрезвычайных ситуаций, выполнение мероприятий по ликвидации последствий и применение сил и средств.

Анимационные инструменты позволяют создавать видеоролики с использованием имеющихся трёхмерных объектов.

Заключение: В соответствии с действующим законодательством органами управления РСЧС на различных уровнях проводится системная работа по разработке, анализу и совершенствованию сценариев развития чрезвычайных ситуаций и пожаров.

Эффективным современным средством анализа и совершенствования разработанных сценариев развития чрезвычайных ситуаций является визуализация с применением технологий трёхмерного моделирования.

Предлагаемый способ визуализации сценариев развития чрезвычайных ситуаций с применением ArchiCAD и 3DsMax внедрён в практическую деятельность ЦУКС ГУ МЧС России по Красноярскому краю, показал свою эффективность по сравнению со способами, применяемыми в других субъектах Российской Федерации.

Список использованных источников

1. Попов П.А. Наставление Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России по организации деятельности центров управления в кризисных ситуациях МЧС России Москва [Электронный ресурс]. Режим доступа: (URL: <http://mognovse.ru/srv->

nacionalenij-centr-upravleniya-v-krizisnih-situaciyah-mchs-stranica-6.html)
(Дата обращения 15.10.2019).

2. Рекомендации МЧС России от 25.02.2009 г. №2-4-60-3-28
«По созданию трёхмерных геоизображений (моделей) территорий
и объектов жизнеобеспечения, потенциально-опасных, критически
важных для национальной безопасности» [Электронный ресурс]. Режим
доступа: (URL: <https://www.integra-s.com/media/files/instr-3D.pdf>)
(Дата обращения 16.10.2019).

Имитационное моделирование чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнением

В.Е. Иванов, П.В. Пучков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Для прогнозирования чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнением, применяются как компьютерное моделирование с математическим обоснованием, так и трехмерное моделирование, позволяющие не только детально изучить район чрезвычайной ситуации, но и спрогнозировать различные сценарии событий при повышении уровня воды.

Одной из широко известных программ трехмерного моделирования является ArchiCAD. Широкий набор инструментов данной программы позволяет разрабатывать не только 2D графическую документацию, но и создавать 3D-модели ландшафта, зданий и сооружений и др. объектов высокого качества. При разработке ландшафта можно использовать данные топографической съемки, например, при импорте данных в электронном виде в формате DWG. Также при создании трехмерной модели местности применяется команда 3D-сетка (Рис. 1), нанесение горизонталей выполняется поэтапно с заданием необходимой высоты. С помощью горизонталей, которые представляют собой линии на плане или карте, соединяющие все точки на местности с установленной высотой, наглядно изображают рельеф местности как на плоских (двумерных) планах, так и на трехмерных моделях.



Рисунок 1 - Использование команды 3D-сетка

Такой принцип построения рельефа местности позволяет достаточно точно разработать трехмерную модель и оценить возможную зону затопления в результате наводнения.

Одним из примеров использования трехмерной информационной модели участка города для прогнозирования различных сценариев развития чрезвычайной ситуации и оценки возможных последствий является 3D модель ландшафта озера Мылка и «Мылкинской дамбы», расположенных в г. Комсомольск-на-Амуре (Рис. 2).

Разработанная трехмерная модель данной местности в программе ArchiCAD выполнена в масштабе 1:1 с учетом данных топографической съемки местности. Также достаточно точно проработана часть городской застройки (рис. 3). Инструментарий данной программы позволяет кроме рельефа местности выполнить архитектурно-строительные построения потенциально-опасных и социально-значимых объектов. Созданная 3D модель данной местности дает возможность не только детально изучить район чрезвычайной ситуации, возникшей в результате наводнения, но и спрогнозировать различные сценарии событий, возможные при превышении критической отметки уровня воды или прорыве дамбы, защищающей жилые районы от затопления.



Рисунок 2 - Моделирование чрезвычайной ситуации

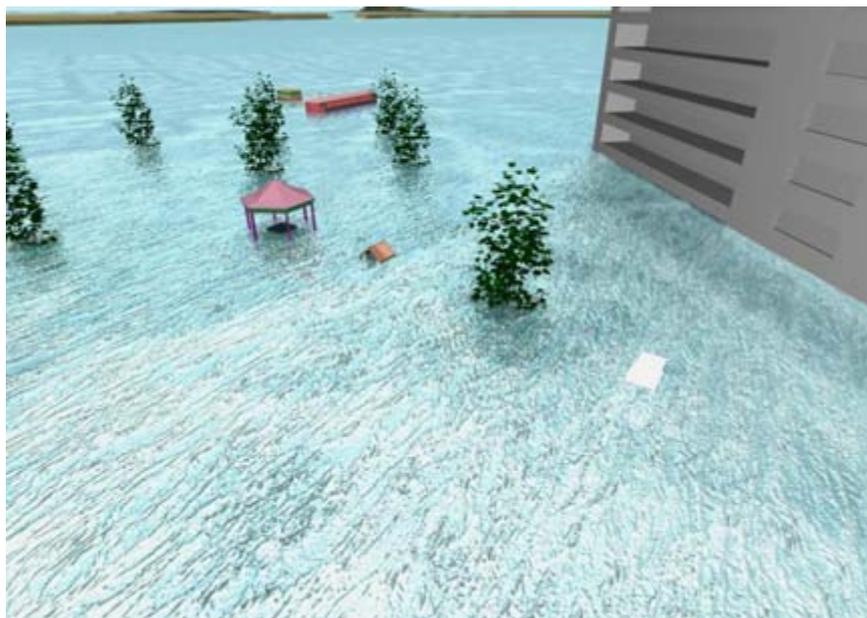


Рисунок 3 - Трехмерная модель в масштабе 1:1

Одним из важных вопросов в настоящее время является разработка трехмерных геоизображений (моделей) территорий и объектов жизнеобеспечения, потенциально-опасных, критически важных для национальной безопасности. Так, например, за последнее десятилетие произошло несколько крупных наводнений, которые привели к человеческим жертвам и большим материальным потерям. Проблема управления гидрологической обстановкой местности является достаточно актуальной, поскольку сохраняется опасность гидродинамических аварий. В России эксплуатируется более 30 тыс. водохранилищ, которые эксплуатируются без реконструкции более 50 лет и находятся в аварийном состоянии. Много гидротехнических сооружений находится в крупных населенных пунктах и при разрушении могут привести к образованию волн прорыва, катастрофическому затоплению обширных территорий.

В связи с этим разработка трехмерных моделей потенциально-опасных объектов, построение ситуационных планов прогнозируемых зон затопления и зон индивидуального (потенциального) риска внесет большой вклад в проведение анализа, прогнозирование аварийных и чрезвычайных ситуаций техногенного характера и позволит своевременно принимать тактически грамотные управленческие решения. Также разработанные трехмерные модели будут являться эффективным инструментом при подготовке обучающихся в учебных организациях МЧС России.

Список использованных источников

1. Иванов В.Е. Внедрение 3D технологий в учебный процесс / В.Е. Иванов, И.А. Легкова, А.А. Покровский, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова // Современное научное знание: теория, методология, практика. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 3-х частях. ООО «НОВАЛЕНСО». Смоленск. 2016. С. 37-39.

2. Никитина С.А. Применение инновационных технологий для развития познавательной способности обучающихся / С.А. Никитина, А.А. Покровский, В.Е. Иванов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Воронеж. 2015. Т. 1. № 1 (6). С. 161-164.

3. Иванов В.Е. Трехмерное моделирование как одно из направлений информатизации учебного процесса / В.Е. Иванов, С.А. Никитина, В.П. Зарубин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Воронеж. 2014. Т. 2. № 1 (5). С. 36-38.

4. Иванов В.Е. Инженерно-проектировочные решения для разработки типового класса подготовки пожарных-спасателей / В.Е. Иванов, В.В. Киселев, П.В. Пучков, И.А. Роммель // Фундаментальные и прикладные вопросы науки и образования: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Смоленск. 2016. С. 27-29.

5. Легкова И.А. Визуализация учебного материала средствами системы КОМПАС-3D / И.А. Легкова, С.А. Никитина, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов // Современные проблемы высшего образования: материалы VII Международной научно-методической конференции. С.Г. Емельянов (отв. редактор). Курск. 2015. С. 34-38.

6. Иванов В.Е. Использование программы ArchiCAD при моделировании чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах / В.Е. Иванов, И.А. Легкова, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова // Актуальные проблемы пожарной безопасности материалы XXVIII международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. С. 417-421.

7. Вокуев Д.Н. Современное программное обеспечение для визуализации проектных решений / Д.Н. Вокуев, В.Е. Иванов, П.В. Пучков // НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 456-459.

Обоснование использования комплексных оценок рисков для планирования и реализации превентивных мероприятий защиты территорий от ЧС

***М.О. Берестевич¹, В.В. Ничепорчук²,
А.Н. Калайдов³, О.О. Кулабухов⁴***

¹Главное управление МЧС России по Красноярскому краю

²ФИЦ Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН

³ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

⁴Департамент оперативного управления МЧС России

Государственная политика в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций различного характера и снижения негативного воздействия их последствий определяет флагманское направление – стабилизацию состояния природно-техногенной безопасности территорий, приведение их в соответствие с допустимыми значениями рисков. Это требует инновационных и креативных организационных и научно-технических управленческих решений.

Выработка и претворение в практику стратегий снижения рисков чрезвычайных ситуаций на региональном уровне включает в себя анализ существующих методов планирования и опыта реализации долгосрочных превентивных мероприятий.

При выборе объектов назначения, определения содержания и объемов мероприятий применяются, как правило, фоновые оценки территориальных рисков. При этом используется небольшой объем данных, простые аналитические методы, включающие экспертные оценки. Данные оперативного мониторинга, содержащие информацию об угрозах или предельных состояниях окружающей среды и объектов техносферы не принимаются во внимание. Дефицит информационных ресурсов может привести к ошибкам определения вклада различных факторов рисков в величины ущерба и вероятностей негативных событий.

Сложность оценивания рисков и проблема воспроизводимости результатов, а также современный уровень развития технологий сбора данных и интеллектуального анализа, приводят к необходимости разработки новых методов комплексной оценки территориальных рисков включающих анализ характеристик всех событий, сопровождаемых

потерями: гибелью людей, нанесения ущерба здоровью, выход из строя систем обеспечения жизнедеятельности, повышение объемов материального ущерба.

Действующий на сегодня порядок распределения бюджетных средств создает проблемы реализации превентивных мероприятий по снижению рисков ЧС на региональном уровне, в том числе из-за недостаточной обоснованности оценок состояния безопасности территорий. Для выполнения требований статистической достоверности оценки рисков должны основываться на данных мониторинга за период не менее 10 лет. Необходима разработка классификаторов, учитывающих территориальные особенности рисков и каталогов опасных событий с подробной описательной базой. Основным препятствием формирования информационной базы для оценивания рисков является отсутствие полноценного информационного межведомственного взаимодействия [2].

Оценка природных и техногенных рисков является сложной управленческой задачей, требующей привлечения большого объема информации, научных методов её анализа, современных технологий обработки данных. Большая роль в процессе снижения рисков отводится экспертам, способным спланировать и реализовать комплекс мероприятий с максимальной эффективностью при ограниченности ресурсов.

Для достижения высокой эффективности при применении информационного обеспечения оценок территориальных рисков необходимо подвергнуть аналитической обработке все доступные к описанию (качественному или количественному) факторы возникновения риска. Диаграммы качества Исикавы, позволяют наглядно представить причинно-следственные связи между факторами и последствиями их воздействия [3]. Основная задача при построении диаграмм – учесть все возможных факторы, определяющие числовую величину каждого конкретного риска на исследуемой территории. Диаграмма формирует группы факторов и их атрибутивные характеристики, ранжированные на обуславливающие или нейтрализующие опасность [4].

В качестве метаинформации диаграмм указываются:

- тип влияния на величину риска – фактор определяет вероятность возникновения или масштаб опасной ситуации;

- управляемые и неуправляемые факторы с оценкой относительной стоимости мероприятий по предотвращению и смягчению рисков;
- источники информации и периодичность актуализации значений факторов;
- ведомства, в компетенции которых находится планирование и проведение мероприятий по предупреждению ЧС.

Исследование факторов рисков проводятся в несколько этапов:

- 1) Выявление и сбор факторов и причин, влияющих на исследуемый результат [5].
- 2) Группировка факторов по смысловым и причинно-следственным блокам. Построение видов диаграмм в зависимости от содержания метаинформации.
- 3) Экспертное ранжирование факторов внутри каждого блока.
- 4) Построение диаграммы.
- 5) Сбор и формализация данных, характеризующих факторы.
- 6) Построение аналитических моделей на основе различных представлений диаграммы.
- 7) Аналитическое исследование факторов и представление результатов в виде, удобном для восприятия.
- 8) Интерпретация результатов, планирование мероприятий по снижению рисков, оценка траекторий их реализации.
- 9) Контроль результатов мероприятий. Переход к пунктам 4 и 5.

Факторы, оказывающие влияние на уровень риска, предварительно группируются по категориям:

- статистика опасных событий;
- характеристики территорий, содержащиеся в паспортах безопасности объектов и территорий [6,7];
- данные комплексного мониторинга природных факторов, оказывающих влияние на вероятность реализации и масштаб опасных событий;
- результаты социального мониторинга, позволяющего оценить вклад человеческого фактора в величину риска [8].

Среди множества характеризующих параметров для оценивания рисков наиболее значимыми являются место, время и масштаб. Характеристика территории определяет как основное ситуационное моделирование для генерирования сценариев развития событий и определения плана для ликвидации последствий.

Основными природными факторами, оказывающими влияние на вероятность реализации и масштаб опасных событий, являются метеорологические параметры обстановки [9].

Социальный мониторинг основывается проведение опросов и анкетирования населения, анализ социально-экономических показателей, данных о проведении обучения населения пожарной безопасности и правилам поведения в критических ситуациях.

При рассмотрении отдельных примеров построения диаграммы Исикавы для анализа территориальных рисков, перед исследованием факторов для каждой территории (региона, муниципального образования, населённого пункта) необходимо выполнение процессов идентификации и ранжирования наиболее характерных рисков [10]. Иными словами, вероятность и размер ущербов от опасных событий зависит от физико-географических и социально-экономических характеристик территории. Эти характеристики, являющиеся как негативными, так и благоприятными факторами, необходимо оценить количественно на основе объективных данных.

На Рис. 1 показан пример исследования факторов риска для аварий на системах ЖКХ.



Рисунок 1 – Диаграмма Исикавы анализа факторов риска аварий систем ЖКХ

Очевидно, что сбор числовых значений всех перечисленные факторы является сложной задачей. Тем не менее, стремление к получению достоверного описания безопасности территорий позволяет снизить неопределённости, характерные в процессе принятия решений по снижению рисков ЧС. Сбор информации с использованием СУБД

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

позволяет применять математические и статистические методы обоснования решений, в том числе аппарат нечёткой логики, OLAP Data Mining, методы динамического картографирования и т.д. [11, 12].



Рисунок 2 – Иерархия факторов риска природных пожаров

На Рис.2 показан пример исследования факторов риска для природных пожаров. Сложная система факторов, приводящих к возникновению и росту масштабов пожаров детализирована с учётом данных, использующихся в ситуационном моделировании, форматов каталогов пожаров, результатов пирологических исследований лесов Сибири [13, 14].

Для оценивания рисков затоплений (Рисунок 3) требуется большой объём разной информации об объектах и процессах.



Рисунок 3 – Иерархия факторов риска паводковых ЧС

Часть информации содержится в паспортах территорий [15, 16]. Однако форма их представления не позволяет проанализировать риски затопления в бассейне реки, проходящей по нескольким территориям, сопоставить данные об объектах с результатами гидрологического

мониторинга, решить другие подзадачи, возникающие в процессе принятия решений по снижению рисков.

Подход, аналогичный представленному, планируется использовать при анализе других видов опасных ситуаций. Для автоматизации работы необходимо приобрести или разработать программное обеспечение, позволяющее работать и с графическими представлениями, и со структурой информационных ресурсов мониторинга.

На сегодняшний день принятая нормативно-правовая база в области регламентирования оценок рисков используется при разработке Паспортов безопасности территорий, Атласов рисков ЧС и Планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС. Оперативные оценки рисков включаются в информационные материалы и доклады для работы Комиссий по чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности любого уровня управления. Являются основанием для разработки планов деятельности постоянно функционирующих органов управления на средний и долгосрочный периоды.

Исследованная возможность, повышения достоверности результатов количественной оценки территориальных рисков на основе использования результатов обработки данных оперативного мониторинга с применением современных информационных технологий, выполняет предварительное исследование факторов, влияющих на количественную величину рисков, их систематизацию, визуализацию. Все это позволяет наиболее полно представить значимость и повысить ценность исследовательского вклада в определении значений рисков.

Разработка моделей управления территориальными рисками, основанных на изложенных выше подходах, помогает решить задачи сбора и консолидации данных, обосновать количественные показатели рисков ЧС, разработать и внедрить методы межведомственного информационного обмена с целью обеспечения работы территориальных комиссий по ЧС и ПБ, планированию и контролю превентивных мероприятий по снижению рисков с учётом особенностей региона, обоснование распределения экономических затрат при реализации целевых программ федерального и регионального уровней.

Список использованных источников

1. Москвичёв В.В., Бычков И.В., Потапов В.П., Тасейко О.В., Шокин Ю.И. Информационная система территориального управления

рисками развития и безопасностью // Вестник РАН, 2017. Т. 87. № 8. С. 696-705.

2. Жирков П.А., Иванов А.В., Раевская М.Г. О правовом регулировании функционирования и развития информационно-технологической основы межведомственного информационного взаимодействия // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2017. – №6. – С. 14-25.

3. Исикава К. Японские методы управления качеством. – М: Экономика, 1988. – 214 с.

4. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г., Метус А.М. Формирование стандарта природно-техногенной безопасности территорий Красноярского края // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2018. № 2. – С. 41-52.

5. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Исследование факторов риска для оценки и управления природно-техногенной безопасностью территорий / Безопасность и мониторинг техногенных и природных систем: материалы и доклады / VI Всероссийская конференция (Красноярск, 18-21 сентября 2018 года); науч. ред. В.В. Москвичёв. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. – С. 81-86.

6. Методические рекомендации МЧС России «Порядок разработки, проверки, оценки и корректировке электронных паспортов территорий (объектов)» №2-4-71-40 от 15.07.2016.

7. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Паспорт территории – динамический инструмент анализа опасностей // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2014. №1. С. 3-8.

8. Безопасность России. Человеческий фактор в проблемах безопасности. – М.: МГФ «Знание», 2008. – 688 с.

9. Ничепорчук В.В. Современные подходы к прогнозированию чрезвычайных ситуаций // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2018. – №1. – С.89-95.

10. РД 03-418-01 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – М.: «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002.

11. Чубукова И.А. Data Mining: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 382 с.

12. Codd E. F., Codd S.B. Providing OLAP. On-line Analytical Processing to User-Analists: An IT Mandate – C. T. Salley, E. F. Codd & Associates, 1993. – 27 p.

13. Волокитина А.В., Корец М.А., Софронова Т.М. Управление действующими лесными пожарами. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. – 78 с.

14. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск: СО РАН, 2002. – 314 с.

15. Методические рекомендации по порядку разработки, проверки, оценки и корректировке электронных паспортов территорий (объектов)» от 15.07.2016 №2-4-71-40.

16. Распоряжение МЧС России от 16.05.2018 № 220 «Об автоматизации электронных паспортов территорий (объектов)».

Определение закона распределения случайной величины годовых затрат на тушение лесных пожаров в регионе

А.Н. Петров, Д.Г. Снегирев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Лесные пожары являются значительной проблемой отечественного хозяйства. На их ликвидацию требуются существенные материальные и финансовые ресурсы. Согласно Постановлению Правительства РФ от 10.11.1996 №1340 «О порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [6] создаются резервы материальных ресурсов субъектов Российской Федерации для ликвидации чрезвычайных ситуаций (к которым относятся и лесные пожары). Финансирование расходов по созданию, хранению, использованию и восполнению региональных резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций осуществляется за счет средств бюджетов субъектов Российской Федерации.

В соответствии со статьей 169 Бюджетного кодекса РФ ежегодно составляется и утверждается проект бюджета субъекта Российской Федерации сроком на три года: очередной финансовый год и плановый период. Таким образом, региональным органам власти ежегодно необходимо планировать объем резервных фондов (расходов) на ликвидацию лесных пожаров в региональном бюджете на очередной год и перспективу до трех лет.

Об отсутствии в распоряжении органов власти экономико-математического инструментария способного с приемлемой для практического применения точностью прогнозировать объем как регионального, так и федерального резервного фонда на ликвидацию лесных пожаров, свидетельствует следующий факт. По данным Федерального агентства лесного хозяйства в период с 2014 по 2016 год расходы на тушение лесных пожаров ежегодно превышали плановые в 3 раза [1].

Проведенный в работе [2] статистический анализ динамики годовых затрат на тушение лесных пожаров в Ивановской области позволил сделать следующие выводы:

1. Большая вариация во времени величины годовых затрат (коэффициент осцилляции 7,2) делает невозможным надежно оценить тренд временного ряда и его циклическую компоненту.

2. Ярко проявляется нерегулярная компонента, которая формируется под действием случайных факторов различной природы и характера.

Таким образом, использование классических эконометрических моделей временных рядов для прогнозирования годовых затрат на тушение лесных пожаров в регионе не обеспечит точность прогноза, приемлемую для практического использования.

Проведенный в работе [3] анализ математических моделей прогнозирования лесных пожаров в регионе, показал, что их нельзя использовать для прогнозирования объема регионального резервного фонда на тушение лесных пожаров на очередной финансовый год по следующим причинам:

1. Все модели используют в качестве предикторов численные значения гидрометеорологических показателей региона на конкретные даты (число, неделя, месяц). Их надежный прогноз на следующий год не представляется возможным.

2. Все модели описывают либо вероятность возникновения лесного пожара, либо количество лесных пожаров в регионе. Проведенный корреляционный анализ зависимости затрат на тушение лесных пожаров в Ивановской области от их количества и площади за тринадцатилетний период показал отсутствие корреляционной связи между количеством пожаров и затратами на их тушение (коэффициент парной корреляции 0,09) и наличие сильной корреляционной связи между затратами и общей площадью пожаров в регионе (коэффициент парной корреляции 0,91). К сожалению, математические модели, способные сделать прогноз площади лесных пожаров в регионе на следующий год, в отечественной литературе не обнаружены.

В работе [4] предложена экономико-математическая модель прогнозирования объема регионального резервного фонда на тушение лесных пожаров на плановый год, для применения которой нет необходимости в прогнозировании количества, площади лесных пожаров или погодных условий. Бюджетное планирование представляет собой обоснование величины расходов по статьям бюджета региона. В условиях дефицита бюджета региона математически эта задача совпадает с задачей определения запаса ресурсов для коммерческого предприятия, которая успешно решается инструментарием теории управления запасами. Задача управления запасами возникает, когда

необходимо создать запас ресурсов с целью удовлетворения спроса, возникающего на заданном интервале времени.

Из всего многообразия существующих моделей управления запасами для прогнозирования объема средств для тушения лесных пожаров в регионе на плановый год подойдет стохастическая модель одного периода [5]. Она предполагает однократное выделение средств (запаса), которые будут использоваться в течение всего планового периода (года). В качестве функции суммарных затрат, являющейся в стохастических моделях случайной величиной, рассматривают ее математическое ожидание:

$$C(s) = c_1 \int_0^s (s-r) f(r) dr + c_2 \int_s^{\infty} (r-s) f(r) dr \quad (1)$$

где $C(s)$ - математическое ожидание суммарных затрат на тушение лесных пожаров; s - уровень запаса (величина резерва средств); r - величина спроса; $f(r)$ - функция плотности вероятности величины спроса; c_1 - затраты на хранение запаса; c_2 - штраф (дополнительные расходы) за дефицит запаса.

Модель (1) включает два слагаемых: первое описывает затраты на содержание резервного фонда в случае, если его величина s превышает величину спроса r , а второе – когда величина спроса на финансовые ресурсы превышает величину резервного фонда.

Задача управления запасами состоит в определении такой величины запаса s , при которой математическое ожидание суммарных затрат $C(s)$ принимает минимальное значение. Минимум функции (1) находится приравнением к нулю первой производной по s и определением знака второй производной в точке экстремума.

При непрерывном случайном спросе r математическое ожидание суммарных затрат на тушение лесных пожаров (1) будет минимальным при значении s_0 , определяемом из уравнения:

$$F(s_0) = \frac{c_2}{c_1 + c_2} \quad (2)$$

где $F(s) = P(r < s)$ - функция распределения случайной величины спроса, когда уровень запаса превышает фактический спрос на ресурсы.

Рассматривая спрос r как непрерывную случайную величину, следует определить минимальное значение $C(s)$ при уровне запаса s_0 из уравнений (1) и (2).

Таким образом, для определения оптимального запаса s_0 средств на тушение лесных пожаров в регионе необходимо знать закон

распределения случайной величины спроса r , что фактически сводится к определению закона распределения случайной величины годовых затрат на тушение лесных пожаров в регионе.

Цель работы: разработать методику определения закона распределения случайной величины годовых затрат на тушение лесных пожаров в регионе на основе официальных статистических данных, опубликованных Федеральной службой государственной статистики.

Обоснование и апробацию методики проведем на примере Центрального федерального округа. К сожалению, величина годовых затрат Центрального федерального округа на тушение лесных пожаров в публикациях Росстата приведена только для интервала времени с 2000 по 2012 год [6]. Динамика количества лесных пожаров в Центральном федеральном округе и расходов на их тушение в сопоставимых ценах за 2000 - 2012 годы приведена на рис. 1.

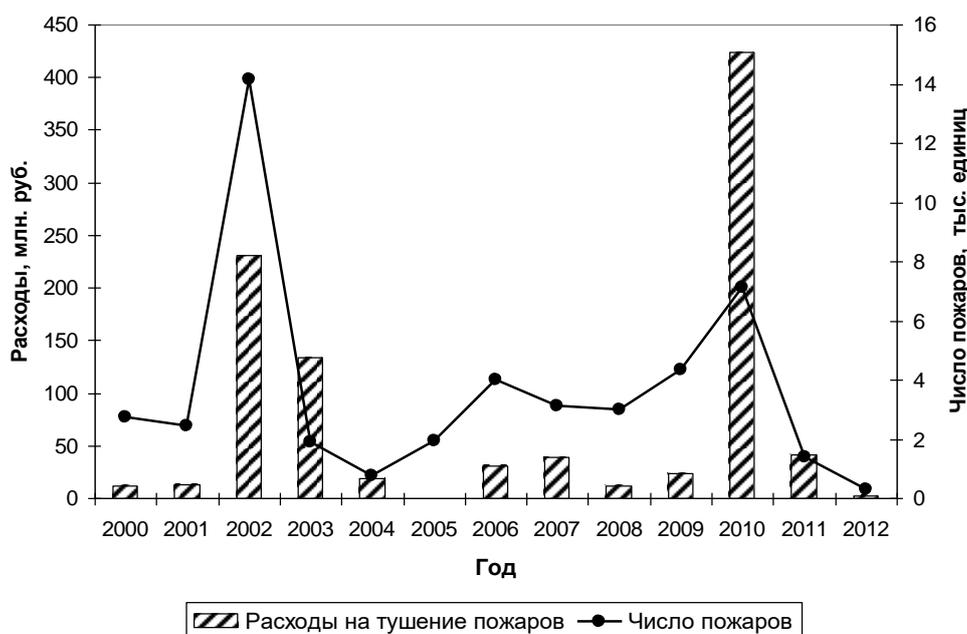


Рисунок 1 - Динамика числа лесных пожаров в Центральном федеральном округе и расходов на их тушение в сопоставимых ценах

Публикуемые Росстатом [6] расходы на тушение лесных пожаров включают: заработную плату занятых тушением пожара рабочих организаций; стоимость услуг по эксплуатации машин, тракторов, других механизмов, использованных при тушении лесного пожара; стоимость израсходованных при тушении пожара материалов, средств тушения и другого имущества; другие расходы, связанные с мерами по тушению лесного пожара, предусмотренные действующим законодательством.

Выборка за 12 лет мала и не позволяет со статистически значимой надежностью определить функцию распределения случайной величины годовых затрат на тушение лесных пожаров в регионе.

Суть предлагаемой методики определения закона распределения случайной величины годовых затрат на тушение лесных пожаров в регионе: годовые затраты Y на тушение лесных пожаров следует представить как сумму затрат на тушение всех отдельных пожаров y_i , возникших в регионе:

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3)$$

где n — число лесных пожаров году (случайная величина).

Численные значения y_i и n являются независимыми случайными величинами. В период с 2000 по 2012 год в Центральном федеральном округе было зафиксировано 47158 лесных пожаров. Такая широкая выборка позволяет определить закон распределения вероятности затрат на тушение отдельного единичного лесного пожара в сопоставимых ценах.

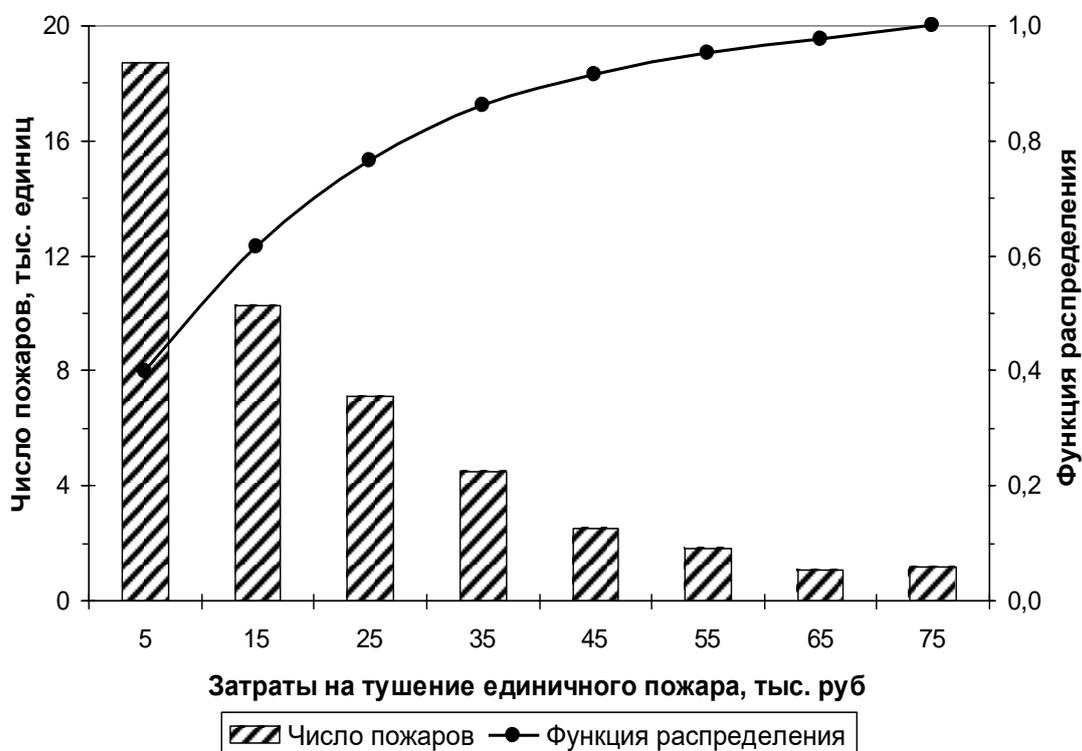


Рисунок 2 - Гистограмма частот и эмпирическая функция распределения затрат на тушение единичного лесного пожара в Центральном федеральном округе

Для определения вида закона распределения затрат (спроса) на тушение отдельного единичного пожара в Центральном федеральном округе строим интервальный вариационный ряд, представленный на рис. 2 в виде гистограммы и эмпирической функции распределения.

По виду гистограммы выдвигаем нулевую статистическую гипотезу: выборка случайных величин затрат на тушение единичного лесного пожара s_1 в Центральном федеральном округе взята из генеральной совокупности, значения признака в которой распределены по экспоненциальному (показательному) закону с некоторым параметром λ :

$$F(s_1) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda s_1}, & s_1 \geq 0 \\ 0, & s_1 < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Проверка статистической гипотезы осуществлялась с помощью универсального статистического пакета STATISTICA 6.1, который имеет модуль «Подгонка распределений». Подгонкой (английский термин fitting) называют аналитические процедуры, позволяющие подобрать распределение, которое с достаточной степенью точности описывает наблюдаемые данные. Точность подгонки в STATISTICA 6.1 оценивается с помощью критериев согласия хи-квадрат [1, с. 284] и одновыборочного критерия Колмогорова-Смирнова [1, с. 325]. STATISTICA 6.1 рассчитывает численные значения статистик критериев и определяет их уровень значимости (p) с учетом числа степеней свободы. В нашем случае для критерия согласия хи-квадрат $p = 0,669$, а для одновыборочного критерия Колмогорова-Смирнова $p = 0,279$. Полученные уровни значимости статистик критериев во много раз превышают уровни значимости (0,01-0,05), используемые в статистике. Поэтому выдвинутая нулевая гипотеза не отвергается.

Для определения резерва (запаса) средств, необходимых для тушения лесных пожаров, которые могут произойти в следующем году, необходимо знать закон распределения случайной величины суммарных затрат за год $Y(3)$. Закон распределения суммы независимых случайных величин называется сверткой законов распределения слагаемых. Как правило, при сложении независимых случайных величин характер распределения меняется, даже если складываются одинаково распределенные случайные величины.

В работе [8, с. 86] показано, что сумма независимых случайных величин, имеющих экспоненциальное распределение, принадлежит генеральной совокупности с гамма-распределением. Поэтому, случайная

величина Y , как сумма независимых случайных величин, имеет гамма-распределение с функцией плотности, определяемой параметрами α и β (при $\alpha = 1$ гамма-распределение переходит в экспоненциальное распределение с параметром $\lambda = 1/\beta$):

$$f(y) = \begin{cases} \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} y^{\alpha-1} e^{-y/\beta}, & y > 0 \\ 0, & y \leq 0 \end{cases}, \quad (5)$$

где $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ - гамма-функция Эйлера.

В итоге, оптимальный уровень запаса средств на тушение лесных пожаров на плановый год определяется из уравнения:

$$F(y) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^y u^{\alpha-1} e^{-u/\beta} du = \frac{c_2}{c_1 + c_2}. \quad (6)$$

Численные значения параметров α и β для функции плотности вероятности (5) можно определить с помощью пакета STATISTICA 6.1 на основе статистических данных по ежегодному количеству лесных пожаров в Центральном федеральном округе и затрат на их тушение в сопоставимых ценах [6].

Для практического использования модели (6) необходимо обосновать на плановый год численные значения следующих показателей: затрат на хранение запаса c_1 и штрафа (дополнительных расходов) за дефицит запаса c_2 .

Необходимо отметить, что полученная по модели (6) величина запаса средств на тушение лесных пожаров будет оптимальна в плане минимизации общих затрат региона на содержание резервного фонда.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-010-00842

Список использованных источников

1. Топалов А., Нетреба П., Калачихина Ю. Россия угорает. Как Россия теряет на лесных пожарах миллиарды рублей [Электронный ресурс] // Газета.Ru - 17.07.2017 / Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/business/2017/07/12/10783862.shtml> (дата обращения 23.05.2019).

2. Петров А. Н. Модели прогнозирования региональных резервных фондов на ликвидацию лесных пожаров // Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством». 2018. №3 (37). С. 53-60.

3. Петров А. Н. Анализ моделей прогнозирования лесных пожаров в регионе // Актуальные вопросы естествознания: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иваново, 25 марта 2019 года. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 345-349.

4. Петров А.Н. Формализация модели управления запасами для прогнозирования резерва средств на ликвидацию лесных пожаров // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы I Международной научно-практической конференции, Казань, 20-21 декабря 2018 г. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. С. 182-185.

5. Таха Х. А. Введение в исследование операций: пер. с англ. - М.: Вильямс, 2007. - 912 с.

6. Лесные пожары. Центральный федеральный округ [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. ЦФСД. Интерактивная витрина / URL: <http://cbsd.gks.ru/#> (дата обращения 5.06.2019).

7. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика. Основы эконометрики. Том 1. Теория вероятностей и прикладная статистика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 656 с.

8. Чернова Н. И. Теория вероятностей - Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т. - 2007. 160 с.

**Предложения по дальнейшему развитию системы
комплексной безопасности жизнедеятельности населения
в рамках национальных целей Российской Федерации**

**Г.А. Николаев¹, И.П. Щербаков¹, А.Н. Лысенко¹,
П.В. Кулешов², Д.А. Веснин²**

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

Указом Президента Российской Федерации в целях социально-экономического развития страны, повышения уровня и качества жизни населения, создания комфортных условий для проживания были определены 9 национальных целей развития Российской Федерации до 2024 года по 12 приоритетным направлениям [1].

Ключевой задачей, поставленной Президентом Российской Федерации, является повышение качества жизни людей, которое напрямую зависит от уровня комплексной безопасности населения и территорий [1; 2].

При разработке национальных программ Правительством Российской Федерации планируется обеспечить достижение конкретных целевых показателей по каждому приоритетному направлению [1].

В частности, до 2024 года необходимо достичь целевого показателя по снижению ежегодной смертности населения трудоспособного возраста до 350 случаев на 100 тысяч населения [1].

В решении данной задачи МЧС России, наряду с другими федеральными органами исполнительной власти, участвует своими профилактическими мероприятиями, направленными на снижение гибели и травматизма людей в результате пожаров и чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, биолого-социального и военного характера.

Для достижения наиболее значимых результатов этой деятельности, в регионах Российской Федерации должны, насколько это возможно, широко реализовываться полномочия МЧС России, которые заключаются не только в эффективном управлении своими территориальными органами, пожарно-спасательными частями и спасательными подразделениями.

Но и в активном вовлечении в работу по обеспечению комплексной безопасности всех административных ресурсов, широких слоёв

населения, в использовании всех возможных материально-технических средств, возможностей всех учреждений и организаций для того, чтобы действительно эффективно воздействовать на снижение гибели [3; 4].

Конечно, доля МЧС России в целевом показателе по снижению смертности трудоспособного населения, определённом указами Президента Российской Федерации (до 350 случаев на 100 тысяч населения), мала по сравнению с Министерством здравоохранения или Министерством внутренних дел.

По данным официальной статистики показатели гибели людей в результате дорожно-транспортных происшествий в 2,5 раза выше, чем показатели гибели людей в результате пожаров, и в 5 раз выше, чем показатели гибели людей на водных объектах [5].

При этом показатели гибели людей по медицинским показаниям в 10 раз превышают показатели гибели людей в результате дорожно-транспортных происшествий [5].

Исходя из этого, целесообразно считать, что значение МЧС России в достижении данного целевого показателя не так велико, но оно, конечно, есть.

А вот роль МЧС России в реализации приоритетных направлений государственной политики по снижению ущерба экономике и экологии [1], конечно, более значительная.

И в данном случае МЧС России должно бороться не только с гибелью людей в результате пожаров и чрезвычайных ситуаций, но и с исключением социально-значимых фактов пожаров, исключением значимых нарушений жизнедеятельности, особенно связанных с выбросами аварийных химически опасных веществ, разливами нефти и нефтепродуктов, которые наносят экологии вред, причём непоправимый [6].

Управляя только противопожарными и спасательными подразделениями комплексной безопасности людей не достичь, необходимо развивать единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [3; 4].

Чтобы это не было просто голый фразой «развивать единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», развивать надо каким-то конкретным способом, какими-то конкретными методами, какими-то конкретными действиями и при этом получать какие-то конкретные результаты, для того, чтобы можно было оценить развивается система или нет.

Предложенная Методика формирования системы комплексной безопасности населения, разработанная авторским коллективом Сибирского регионального центра МЧС России под руководством генерал-лейтенанта внутренней службы С.Л. Диденко, результаты её внедрения и анализы эффективности практического применения опубликованы в различных статьях и сборниках конференций [7-12].

В настоящее время, с развитием технологий и массовых коммуникаций, возросла социальная активность граждан, и значительно усилились их требования в сфере сервиса, в частности, оказания коммунально-бытовых услуг, и, что немаловажно, повысились требования к достоверности их персонального информирования при возникновении нештатных ситуаций, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности.

Органы власти на всех уровнях государственного управления стараются соответствовать современным тенденциям, удовлетворять требования населения, и заинтересованы вкладывать значительные ресурсы, разрабатывать и проводить достаточно много различных мероприятий, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций, что, в итоге, приводит и к положительному экономическому эффекту.

Если проанализировать причины отставок высших должностных лиц субъектов Российской Федерации за последний пятилетний период, то они были связаны либо с громкими коррупционными делами, либо были следствием допущенных многомиллиардных материальных ущербов в результате чрезвычайных ситуаций.

Некоторые современные мероприятия, такие как форумы и челленджи, проводимые и финансируемые органами власти, носят, в основном, разовый локальный характер, и могут не приносить ощутимых значимых результатов, выражающихся в положительном снижении показателей оперативной обстановки по гибели и травматизму людей, имея своим результатом, пожалуй, только информационный эффект.

Другие мероприятия, напротив, имеют массовый системный характер и могут масштабироваться на территории всей Российской Федерации. Позволяют улучшать многолетние показатели оперативной обстановки, складывающейся на территории муниципальных образований, субъектов и федеральных округов Российской Федерации.

Наибольший интерес для МЧС России представляет организация системных практических мероприятий, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и пожаров, которые позволяют привлечь к вопросам обеспечения безопасности наибольшее количество нештатных, добровольных и волонтерских сил из числа представителей органов власти, общественных организаций, предприятий, бюджетных и муниципальных организаций, а также местного работающего и неработающего населения [3; 4].

При этом необходимо учитывать, что различные регионы Российской Федерации значительно отличаются друг от друга климатическими, логистическими и социально-экономическими условиями.

Территории центральной части Российской Федерации, Поволжья и Юга по сравнению с субъектами Сибири и Дальнего Востока, при формировании мероприятий, направленных на обеспечение комплексной безопасности населения, в меньшей степени испытывают зависимость от удалённости населённых пунктов, состояния дорожной сети, отсутствия средств связи, погодно-климатических условий, условий обеспечения жизнедеятельности и состояния систем жилищно-коммунального хозяйства.

Эти факторы несут дополнительную нагрузку при обеспечении комплексной безопасности населения восточной части страны.

Исходя из этого, роль и место МЧС России в выполнении мероприятий по реализации национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации, решении задачи Президента Российской Федерации по повышению качества жизни, наиболее значимы при формировании и развитии комплексной безопасности в регионах и муниципальных образованиях со значительным количеством удалённых населённых пунктов [3; 4].

В регионах западной части Российской Федерации главные управления МЧС России при решении задач предупреждения чрезвычайных ситуаций зачастую могут обходиться только силами федеральных, субъектовых и муниципальных пожарно-спасательных формирований, находящихся на их территориях.

В восточной части Российской Федерации, в муниципальном образовании, обойтись силами одной пожарно-спасательной части при обеспечении безопасности по целому комплексу рисков возникновения

чрезвычайных ситуаций в объёме от 80 до 120 и более угроз, просто невозможно [13; 14].

Такие цифровые показатели по объёму угроз могут показаться специалистам преувеличенными, исходя из того, что классическая вариативность возможных рисков, используемая в настоящее время, например, для формирования паспортов безопасности территорий насчитывает их в количестве не более 32, в исключительных случаях 35.

Тем не менее, по опыту реальной практической работы, проводимой на территориях муниципальных образований Сибири, Урала и Дальнего Востока, направленной на полноценное определение комплекса рисков на основании результатов анализа многолетних сведений об оперативных событиях, происшествиях и чрезвычайных ситуациях, были сделаны следующие основные выводы [13; 14]:

во-первых, не определены критерии чрезвычайных ситуаций, источниками которых могут становиться неконтролируемые палы сухой травянистой растительности, возгорания мест свалки бытовых и производственных отходов, провалы людей и техники под лёд, происшествия в местах массового отдыха в летний период, взрывы бытового газа, которые, безусловно, имеют место в практической деятельности [15];

во-вторых, риски возникновения чрезвычайных ситуаций в пределах территории одного муниципального образования могут носить комплексный разнородный характер, из-за различной ведомственной принадлежности электросетей, систем жилищно-коммунального хозяйства и других объектов, или несоответствия административно-территориального деления самих муниципальных образований и организационно-территориальных принципов организаций в ведении, которых находятся объекты жизнеобеспечения и защиты.

Эти выводы указывают на то, что организация процесса управления, в рамках всего лишь одного общего риска, даже на территории одного муниципального образования, уже должна носить в рамках РСЧС комплексный характер в зависимости от поставленных предупредительных или реагирующих целей по объектам профилактики и защиты соответственно [3].

Это, в том числе, говорит и о необходимости дополнительной методической работы МЧС России по проведению в каждом территориальном звене РСЧС такого же детализированного анализа

рисков для определения полного спектра возможных угроз, в целях организации дальнейшей системной работы по их предупреждению.

Исходя из имеющихся территориальных и других особенностей, для эффективного предупреждения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, система органов управления и сил РСЧС в каждом муниципалитете должна преобразовываться в уникальную, но при этом прозрачную и стройную, многоуровневую структуру, отличающуюся от структуры в других муниципальных образованиях. При этом обладающую схожими с ними свойствами и одинаковыми принципами государственного управления на вышестоящем уровне [13; 14].

Внедрение разработанной Методики формирования системы комплексной безопасности населения позволяет решать выявленные противоречия.

Но, как и любое крупное системное мероприятие, направленное на предупреждение чрезвычайных ситуаций и угроз, требует дополнительного финансирования.

Одним из путей преодоления финансово-экономических ограничений при реализации мероприятий по дальнейшему развитию системы комплексной безопасности является включение в действующие национальные проекты.

Соответствующим протоколом совещания МЧС России от 21 сентября 2018 г. №115-АЧ были даны поручения по обеспечению участия территориальных органов МЧС России в реализации национальных проектов в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Реализация национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации подразумевает формирование национальных проектов (программ), по которым Правительством Российской Федерации ежегодно осуществляются дополнительные бюджетные ассигнования из федерального бюджета, в том числе в приоритетном порядке из дополнительных доходов федерального бюджета [1].

В субъектах Российской Федерации, в свою очередь, формируются региональные составляющие национальных программ, в которые вносят предложения, направленные на достижение целей и показателей национальных и федеральных проектов (Рис. 1).

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»



Рисунок 1 – Предлагаемый подход к формированию региональных проектов

Для привлечения дополнительных финансовых средств главными управлениями МЧС России могут быть подготовлены и направлены в органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации предложения по достижению национальных целей и задач, с расчётами и показателями до 2024 года, с привязкой к реализуемым мероприятиям по развитию комплексной безопасности жизнедеятельности населения.

В этом контексте предлагается рассмотреть сформированные рациональные предложения и разработанные модели по включению в национальные проекты системных практических мероприятий, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций.

В национальный проект «Демография» в рамках федерального проекта «Старшее поколение», в целях системной поддержки и повышения качества жизни граждан старшего поколения и людей с ограниченными возможностями, предлагается включить мероприятие по обеспечению противопожарной защиты мест их проживания современными средствами обнаружения и оповещения о пожаре, современными извещателями с GSM-модулем.

В национальные проекты «Здравоохранение» и «Образование» предлагается включение таких практических мероприятий как, активное обучение населения в рамках Всероссийского проекта «Научись спасать жизнь!», развитие и привлечение добровольческих (волонтёрских) организаций (Рис. 2).

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

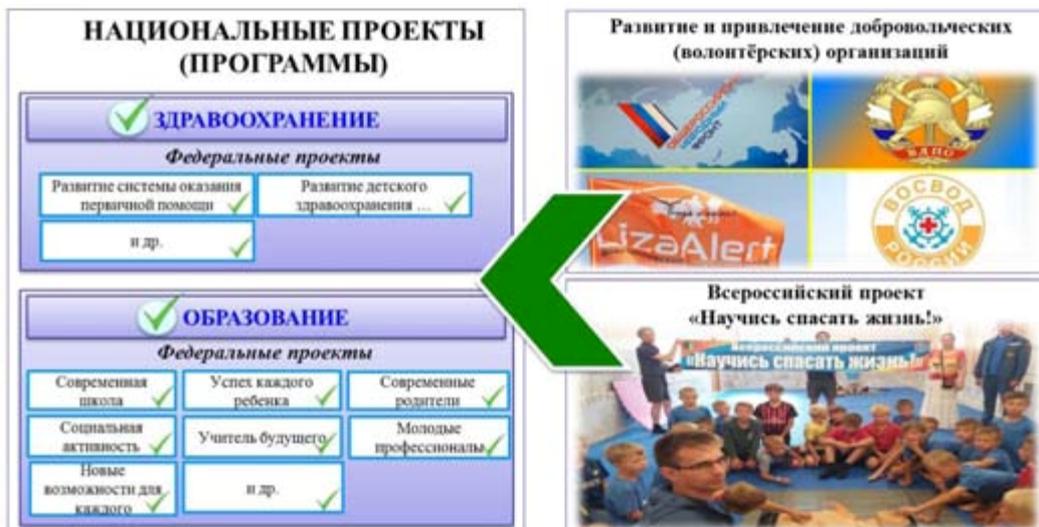


Рисунок 2 – Модель включения мероприятий в национальные проекты

В рамках национальных проектов «Экология», «Жильё и городская среда», «Безопасные и качественные автомобильные дороги» (Рис. 3), «Цифровая экономика» предлагается внедрять мероприятия по совершенствованию и развитию ЕДДС муниципальных образований, созданию аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» и его сегментов.

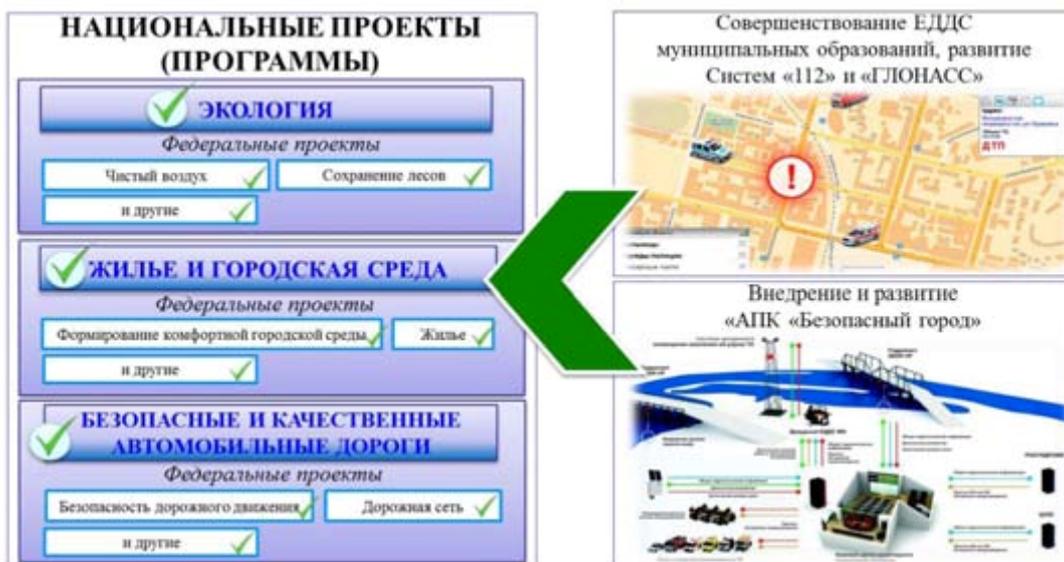


Рисунок 3 – Модель включения мероприятий в национальные проекты

Кроме того, в рамках национального проекта «Экология» уже определены такие федеральные проекты как «Чистая страна», «Чистый воздух», «Сохранение озера Байкал», «Сохранение лесов», которые предусматривают, в том числе, ликвидацию несанкционированных свалок, ликвидацию объектов накопленного экологического вреда, извлечение и утилизацию утонувших судов, очистку от мусора берегов и прилегающих акваторий.

Эти мероприятия предлагается предусматривать в рамках ежегодного проведения профилактических акций целенаправленного действия «Вода – безопасная территория», «Чистый берег», «Чистый лес», «Безопасный Байкал», с привлечением к ним общественных организаций, волонтеров, правоохранительных органов (Рис. 4).



Рисунок 4 – Модель включения мероприятий в национальные проекты

Также одним из показателей федерального проекта «Современная школа» национального проекта «Образование» является создание к 2020 году условий обучения, с применением современных технологий, что предлагается реализовать в рамках внедрения электронных информационно-образовательных комплексов, позволяющих многократно увеличить охват обучаемого населения основам безопасности (Рис. 5).

Секция 1. «Мониторинг и моделирование опасных природных процессов и чрезвычайных ситуаций»

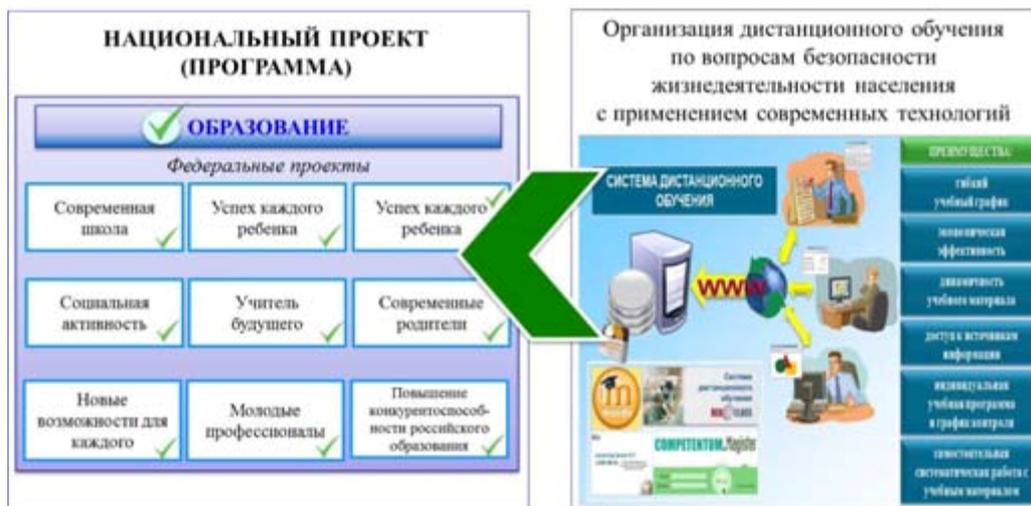


Рисунок 5 – Модель включения мероприятий в национальные проекты

В качестве положительного практического примера можно привести Новосибирскую область, где 4 системных предупредительных мероприятия были включены в 5 национальных проектов.

Мероприятия по внедрению и развитию аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» были включены в национальные проекты «Экология», «Жильё и городская среда» и «Цифровая экономика».

Мероприятия по активному обучению населения в рамках Всероссийского проекта «Научись спасать жизнь!» были включены в национальный проект «Образование».

Мероприятия по обеспечению противопожарной защиты мест проживания малообеспеченных, социально неадаптированных и маломобильных групп населения методом применения современных средств обнаружения и оповещения о пожаре были включены в национальный проект «Демография».

Мероприятия по внедрению современных технологий в систему пропаганды, обучения населения и формирования культуры в области безопасности жизнедеятельности в национальный проект «Образование».

Мероприятия по созданию и развитию пожарно-спасательных постов добровольной пожарной охраны в населённых пунктах, где отсутствуют штатные подразделения пожарной охраны были включены в национальный проект «Образование».

Включение конкретных предложений территориальных органов МЧС России по дополнительному финансированию системных

практических мероприятий в рамках региональных составляющих является мощным современным инструментом для формирования комплексных систем безопасности жизнедеятельности населения, снижения показателей гибели и травматизма людей в результате чрезвычайных ситуаций, происшествий и пожаров.

Проведение системных практических мероприятий, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и пожаров в рамках реализации долгосрочных планов и целевых программ по развитию регионов, является действенным способом по организации риск-ориентированной системы управления.

Список использованных источников

1. Указ Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837200/> (Дата обращения 21.10.2019).

2. Сергей Диденко: «Неужели недостаточно трагедий, чтобы понять, к безопасности необходимо подходить комплексно» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://snews.ru/news/sergey-didenko-neuzheli-needostatochno-tragediy-chtoby-ponyat-k-bezopasnosti-neobhodimo-podhodit> (Дата обращения: 21.10.2019).

3. Лежнин А.В. Сергей Диденко: «Мы помогаем муниципалитетам создать эффективную систему управления рисками», или Цепочка реагирования на ЧС, муниципальный уровень [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://24.mchs.gov.ru/pressroom/intervju/item/6448381/> (Дата обращения: 21.10.2019).

4. С. Диденко: «Мощная профилактическая работа дала высокие результаты» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/interview/item/33023101/> (Дата обращения: 21.10.2019).

5. Прохоров Б.Б., Шмаков Д.И. Причины гибели людей в мирное время и экономическая оценка стоимости потерь [Текст] // Журнал «Проблемы прогнозирования», 2013, №3, С. 139-147.

6. Начальник Сибирского регионального центра МЧС России Сергей Диденко: «Безопасность необходима всем гражданам нашей страны одновременно, а не по очереди» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://r-19.ru/news/society/nachalnik-sibirskogo-regionalnogo-tsentra-mchs->

rossii-sergey-didenko-bezopasnost-neobkhodima-vsem-gr/ (Дата обращения: 21.10.2019).

7. Николаев Г.А., Краснокутский Д.В., Кулешов П.В. Разработка предложений по совершенствованию деятельности спасательных служб в области предупреждения чрезвычайных ситуаций [Текст] / Совершенствование единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны Российской Федерации на современном этапе: сборник трудов секции №1 ХХІХ Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Химки, 2019. С. 50-59.

8. Николаев Г.А., Лысенко А.Н., Кожемякин Н.Л., Веснин Д.А. Разработка, внедрение и обоснование результатов практического применения методики по созданию и организации работы профилактических групп в пожароопасный период / Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций». – Железногорск, 2019. С. 359-375.

9. Николаев Г.А., Филкова А.П., Кулешов П.В. Разработка и внедрение методики по развитию системы РСЧС и формированию комплексных систем обеспечения безопасности жизнедеятельности населения [Текст] / Материалы Школы молодых учёных и специалистов МЧС России – 2019 в рамках XII Международного салона средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность – 2019». – Москва, 2019. С. 63-72.

10. Сергеев И.Ю., Николаев Г.А. Разработка методики по организации деятельности служб гражданской обороны для предупреждения чрезвычайных ситуаций в мирное время // Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности». – Москва, 2019. С. 348-359.

11. Сергеев И.Ю., Николаев Г.А. Об оригинальных подходах Сибирского регионального центра МЧС России по развитию системы управления рисками в территориальных звеньях РСЧС муниципальных образований // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Молодые учёные в решении актуальных проблем безопасности». – Железногорск, 2018. С. 34-42.

12. Николаев Г.А. Выпускная квалификационная работа. Разработка рекомендаций по проведению профилактической работы в области пожарной безопасности / Г.А. Николаев. – Санкт-Петербург, 2019.

13. Методические рекомендации Сибирского регионального центра МЧС России по созданию и функционированию групп (служб) управления рисками возникновения чрезвычайных ситуаций и происшествий регионального характера [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/12TTGAx57DpPdZNIMwZs2Qy034Ztmhn1f/view?usp=sharing> (Дата обращения: 21.10.2019).

14. Методические рекомендации Сибирского регионального центра МЧС России по функционированию муниципального звена территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций субъекта Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://drive.google.com/file/d/11WbPMeRe5D5j_H5Czs-vVYq3FvCTkRNe/view?usp=sharing (Дата обращения: 21.10.2019).

15. Приказ МЧС России от 08.07.2004 г. № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12151827/> (Дата обращения 21.10.2019).

Совершенствование системы оперативного мониторинга объектов техносферы Красноярского края

Н.Л. Кожемякин

Научный руководитель: И.Ю. Сергеев

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Возрастание сложности техногенной цивилизации неизменно сопровождается увеличением рисков аварий, инцидентов, опасных ситуаций, влекущих материальные потери, гибель и травмирование людей. Причины роста масштабов и вероятностей ЧС техногенного характера подробно рассмотрены в многотомном труде «Безопасность России» [1].

Скоротечность большинства техногенных катастроф затрудняет оперативное реагирование на них на стадии эскалации негативных процессов. Однако современные приборы и методы мониторинга позволяют своевременно выявлять дефекты конструкций, повреждения и неблагоприятные режимы работы техногенных систем, уменьшить роль человеческого фактора в обеспечении функционирования промышленных объектов, транспорта, коммуникации и др.

Широкое использование технологий мониторинга для решения задач предупреждения и раннего оповещения о ЧС началось в последние годы XX века. Современные датчики и сенсоры, объединенные в системы мониторинга способны практически в непрерывном режиме выявлять, передавать и обрабатывать широкий набор параметров, используемых для обеспечения техногенной безопасности [2]. Вместе с тем, решения, принимаемые при проектировании и строительстве комплексных систем, таких как «Безопасный город», Система 112 не всегда обоснованы. Дорогостоящие устройства мониторинга зачастую дублируют обстановку, а потоки данных оказываются мало информативны при решении задач предупреждения техногенных ЧС, выработки решений по локализации и ликвидации аварий и пожаров, проведения мероприятий защиты на различных уровнях управления.

В работе приведена систематизация объектов, функционирование которых нуждается в особом контроле, систем мониторинга и возможности получения данных. Сформулированы предложения по совершенствованию системы комплексного оперативного

мониторинга, используемой в органах управления МЧС России и взаимодействующих элементах территориальной подсистемы РСЧС Красноярского края.

Проблемы консолидации данных мониторинга

Смена технологических укладов и экономические реформы, проводящиеся в России последние 30 лет, привели к изменению характеристик техносферы, а вместе с этим и структуры техногенных рисков. Число потенциально опасных промышленных объектов в Красноярском крае, на которых хранятся и используются аварийно химически опасные, пожаро-взрывоопасные вещества, сократилось более чем в 4 раза, произошло значительное падение объёма перевозок речным транспортом, местными авиалиниями. Остановлена работа крупнейшего ядерного реактора в г. Железногорске. Вместе с тем, повысилась интенсивность автомобильных перевозок, построены новые нефтепроводы, линии электропередач. Предприятия переработки природного сырья, объекты энергетики и сфера жилищно-коммунального хозяйства изменили форму управления с государственной на частную и акционерную. Смена собственников существенно повлияла на развитие систем мониторинга, реализацию оперативного доступа к данным объектовых и отраслевых систем контроля функционирования объектов техносферы.

Построение комплексной системы мониторинга должно строиться на основе организации межведомственного информационного обмена [3]. В МЧС России на различных уровнях управления проводится работа по заключению двух и многосторонних соглашений о межведомственном информационном обмене. К сожалению, работа не носит системный характер, а соглашения не предусматривают использование информационных технологий, без которых не возможно построение комплексной системы мониторинга обстановки и снижения времени реагирования на ЧС.

В работе [4] реализация межведомственного обмена предлагается осуществлять на нескольких уровнях:

- политический контекст. Сотрудничающие ведомства должны выработать совместное видение на взаимодействие для достижения общих целей;

- юридическая интерпортабельность. Синхронизация законодательства сотрудничающих ведомств для того, чтобы

электронные данные, полученные из другого ведомства, обладали надлежащей юридической силой и были пригодны для использования;

– организационная интерпортабельность. Согласование принципов и организации процессов, в которых взаимодействуют организационные единицы различных ведомств при оказании услуг посредством электронного правительства;

– семантическая интерпортабельность. Согласование семантики и обеспечение точной интерпретации значения информации, полученной в процессе обмена (контекст организации услуги и др.) её сохранности и понимания;

– техническая интерпортабельность. Реализация синтаксиса, взаимодействия и транспорта данных. Решение технических вопросов, связанных с организацией взаимодействия компьютерных систем и сервисов (открытые интерфейсы, сервисы взаимосвязи, интеграция данных и программного обеспечения среднего уровня, предоставление данных, доступность, сервисы безопасности и т.п.).

Методические рекомендации и технические задания на построение систем комплексной безопасности муниципальных образований и субъектов РФ в целом не уделяют должного внимания проработке перечисленных уровней. Эмерджентность системы оперативного мониторинга технических систем может быть достигнута при наличии договорённостей между ведомствами, путём сознания единого информационного пространства не только для обеспечения техногенной безопасности, но и решения других задач управления территориями. Фрагментарность информации является причиной неэффективных решений по реагированию на ЧС, сформированных вследствие не полной, не чёткой информации, не удовлетворяющей требованиям актуализации. Кроме того, российская практика управления безопасностью зачастую распределена между множеством ведомств, что противоречит международным стандартам.

Характеристика мониторинга объектов техносферы

Кратко опишем системы мониторинга техногенных ЧС, использующихся для управления территориальной безопасностью в Красноярском крае.

Мониторинг радиационной обстановки ведётся несколькими системами [5]. Сеть КрасАСКРО интегрирует данные в Центре реализации мероприятий по охране окружающей среды краевого МинЭкологии. В 100 километровой зоне влияния ГХК расположены

33 поста наблюдения за уровнем радиации в воздухе, интегрированными с автоматическими метеостанциями. В двух створах на р. Енисей ниже Железногорска проводится контроль активности воды. Визуализация результатов наблюдений и доступ к данным организован на сайте krassecology.ru.

Сеть ИБРАЭ РАН состоит из 10 датчиков контроля, установленных в городах края Лесосибирск, Енисейск, Ачинск, Ужур, Красноярск, Канск, Минусинск, Дудинка, Норильск, н.п. Козулька. Доступ к данным организован на сайте webmon.ibrae.ac.ru/live.

Объектовый мониторинг на объектах в городах Железногорск (Горно-химический комбинат) и Зеленогорск (электрохимический завод).

Разовые измерения радиационного фона подразделениями Роспотребнадзора с сохранением результатов в систему Санитарно-гигиенического мониторинга. Агрегированные результаты радиационного мониторинга публикуются в государственном докладе «О состоянии и охране природной среды в Красноярском крае», раздел «Радиационный паспорт территории», доступном для скачивания в Интернет.

Мониторинг систем ЖКХ. Согласно классификатору МЧС системы ЖКХ подразделяются на: системы электро-, тепло-, водо-, газоснабжения и системы водоотведения (канализационные сети) В рамках одного собственника, как правило, объединены несколько сетей.

Учёт аварий ведется в ГУ МЧС России по Красноярскому краю с 2006 года. Статистика отключений потребителей электроэнергии публикуется на сайте МЧС Сибири mrsk-sib.ru. Оценка количества событий за год: плановых отключений более 210 тыс., неплановых – около 7 тыс.

Агрегированные данные за муниципальные образования края по характеристикам систем ЖКХ (длина сетей, водопотребление, кубатура отапливаемых зданий, износ и др.) представлены на сайте aismto.ru.

Для ранней идентификации аварий и угроз возможна установка датчиков как на магистральные, так и на распределительные сети. Необходима доработка нормативно-правовой базы, регулирующей отношения с собственниками сетей, финансирование затрат на техническое обслуживание и оплату каналов связи. В Красноярске не решен вопрос информационного взаимодействия ЕДДС города и службы 005, принимающей звонки о нарушениях в работе коммунальных служб.

Мониторинга техногенные и бытовые пожаров ведётся в ГУ МЧС России по Красноярскому краю (программа «Статучёт»). Данные накапливаются с 1992 года, их структура не меняется. Карточка события содержит данные о динамике пожара, характеристике объекта пожара, потерях, привлекаемых силах и средствах. Для снижения рисков пожаров целесообразно заведение информационных потоков систем противопожарной сигнализации с объектового уровня на муниципальный (ЕДДС, ПЧ). Учитывая проблемы эксплуатации системы «Стрелец-Мониторинг» при создании систем пожарной сигнализации необходим системный подход к модернизации сети инструментального мониторинга с учётом возможностей новых технологий сбора, передач и обработки данных.

Мониторинг автотранспортной обстановки. Система оповещения об опасностях на дорогах краевого значения (5 табло информирования) развёрнута КРУДОР. Учёт ДТП ведётся несколькими системами.

Федеральная система учёта происшествий ГИБДД собирает данные по характеристикам событий, внешним факторам и персональным данным участников. В МЧС пересылается выгрузка ежедневной оперативной сводки в формате Word. КРУДОР собирает данные по ДТП с пострадавшими на дорогах краевого значения. Доступ к данным организован на сайте ois.krudor.ru/oi/.

Федеральная система учёта происшествий МЧС собирает данные по характеристикам событий, на которые реагировать подразделения МЧС (спасатели и пожарные). Организован доступ дежурных смен ЦУКС к оперативным данным и отчётам. Сайт abntp.ru поддерживается специалистами ВНИИ ГОЧС.

Вопросы интеграции систем мониторинга объектового уровня проработаны только на концептуальном уровне [6]. Очевидно, что для принятия решений по реагированию на аварию в ЕДДС должна поступать агрегированная информация о функционировании производств, достаточная для оценки масштаба, последствий инцидента, расчётов сил, техники и ресурсов для локализации и ликвидации ЧС.

Заключение

Существующие системы мониторинга позволяют эффективно реализовать информационную поддержку оперативного реагирования для большинства видов рисков техногенного характера, типичных для территорий Красноярского края. Интеграция ведомственных систем мониторинга необходима для формирования и актуализации данных, необходимых для решения задач управления безопасностью территорий.

Перспективы построения систем мониторинга типа «Умный город» позволят накапливать большие данные, которые будут доступны решения задач управления безопасностью только при использовании технологий аналитической обработки, машинного обучения и др. Вместе с тем, большая часть инфраструктуру будущего будет создаваться и эксплуатироваться людьми, а не роботами. Важнейшим требованием к объектам техносфере останется устойчивость в непрогнозируемых ситуациях. Реализация эффективных решений на основе данных комплексного оперативного мониторинга требует от лиц, принимающих решения соответствующего опыта и знаний. Обучение специалистов тоже является ключевым направлением совершенствования системы оперативного мониторинга объектов техносферы.

Комплексная поддержка принятия решений требует помимо мониторинга опасностей сбор и актуализацию данных о характеристиках территорий, объектов и инфраструктуры. Планируется исследование вопросов автоматизации ведения паспортов безопасности объектов и территорий.

Список использованных источников

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты: научные основы техногенной безопасности. – М.: МГОФ «Знание», 2015. – 936 с.
2. Фалеев М.И., Соколов Ю.И. и др. Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях. – М.: МЧС России, 2015. – 232 с.
3. Полотнюк И.С. Межведомственная интеграция: пути оптимизации // Информационные ресурсы России, 2006. – №5. – С. 10-12.
4. Жирков П.А., Иванов А. В., Раевская М.Г. О правовом регулировании функционирования и развития информационно-технологической основы межведомственного информационного взаимодействия – «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», 2017. – №6. – С. 14-25.
5. Сергеев И.Ю. Выбор методики определения вероятности обнаружения радиационной аномалии при динамическом контроле радиационной обстановки // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2019, №1. – С.8-11.
6. Современные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций / под общ. ред. В.А. Пучкова / МЧС России. – М.: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2013. – 352 с.

СЕКЦИЯ 2. «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ»

Система мониторинга технического контроля целостности нефтяных трубопроводов в Арктике с использованием сети метеорной связи

Ю.Г. Ксенофонов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) на нефтяных трубопроводах в условиях Арктического региона России, например, розлив нефти и нефтепродуктов, представляет значительную угрозу окружающей среде. Впоследствии такая угроза может перерасти в локальные и региональные экологические катастрофы, повлекшие за собой серьезные экономические потери и человеческие жертвы [3].

Одной из актуальных задач обеспечения безопасности функционирования магистральных трубопроводов является создание системы удаленного мониторинга технического контроля целостности нефтяных магистральных трубопроводов с целью своевременной организации работ по предупреждению и ликвидации аварий, чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также технического состояния, обоснования принятия решения о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации [1,2].

В целях предотвращения подобных инцидентов необходимо оперативно оценивать обстановку, используя при этом систему удаленного мониторинга эксплуатационного состояния нефтепроводов, позволяющую своевременно получать качественную и достоверную информацию в отдельных контрольных точках по всей трассе.

Система удаленного мониторинга магистральных нефтепроводов на основе сети метеорной связи позволит обеспечить [4-6]:

- контроль технического состояния всей трассы трубопровода;
- централизованный мониторинг и управление с рабочего места;
- применение параллельно нескольких методов контроля, что позволяет повысить точность получаемых данных;

- повышение надёжности и безопасности функционирования всего нефтепровода;
- быстрое обнаружение, а также оповещение о возникновении внештатных ситуаций, что позволит значительно снизить ущерб;
- возможность осуществления мониторинга без нарушения целостности и остановки работы трубопровода.

Для разветвленных объектов, расположенных в отдаленных, изолированных местах, использование систем удаленного мониторинга было долгое время ограничено предельной дальностью линий связи. Метеорная радиосвязь, при этом, использовалась всего лишь как малая часть комплексного решения, однако, сумела доказать свою рентабельность.

Появление новейших инфокоммуникационных технологий позволило системным интеграторам найти выход из перечисленных выше ограничений, предоставляя все более новые возможности системы удаленного мониторинга [7,8]. Расстояния до труднодоступных участков трассы трубопроводов в Арктике могут достигать 1000-2000 км, поэтому предлагается задействовать такой вид дальней связи, как метеорная связь. Для проведения мониторинга и управления коммуникациями при помощи радиолиний метеорной связи инженерно-технический состав может построить удаленно управляемую платформу, которая проста и практична в применении, минимизирует время посещения объекта персоналом для обслуживания. Данная платформа на основе цифровой системы связи, которая в качестве переносчика информации использует метеорные следы, может надежно передавать такие данные, как критические сигналы тревоги, не требующие высокой скорости передачи. Несмотря на достоинства спутниковых систем связи, они обладают невысокой живучестью группировки, имеют ограниченный срок эксплуатации и относительно низкий уровень помехозащищенности каналов. Поэтому, более предпочтительна организация именно наземных комплексов связи, так как они являются более дешевыми и оперативными в плане сроков их реализации. Таким образом, сеть метеорной связи является недорогой альтернативой системам радиорелейной и спутниковой связи.

Еще в 1960-е годы сети метеорной связи в России и ряде других зарубежных стран доказали свою пригодность в системах организации

мониторинга магистральных нефтяных трубопроводов, однако из-за развития систем спутниковой связи их внедрение было приостановлено.

Многочисленные эксперименты доказали способность метеорных каналов связи в разное время суток, при любых возможных состояниях ионосферы и различной интенсивности атмосферных возмущений, обеспечить устойчивый двухсторонний обмен информацией. При этом сезонная активность появления метеорных следов практически не сказывается на качестве связи.

Радиолинии метеорной связи имеют целый ряд преимуществ:

1. Система способна функционировать в автономном режиме.

2. Она эффективна в плане использования радиочастотного ресурса (в России организация метеорных каналов связи в северных широтах осуществляется на частотах 50-60 МГц). Это обусловлено тем, что в широкой зоне покрытия разные пользователи обслуживаются различными метеорными следами, и взаимные помехи при этом исключены.

3. Время передачи информации по метеорному следу ограничено, к тому же появление следа невозможно заранее спрогнозировать. Учитывая данный фактор, можно сказать, что система практически не подвержена несанкционированному съему информации, что делает ее привлекательной для организации служебных каналов связи МЧС России.

С развитием микроэлектроники и микропроцессорной техники появилась возможность реализации современной, недорогой и надежной аппаратуры метеорной связи, что создает тенденции использовать ее преимущества для решения целого ряда задач.

Сети метеорной связи полностью автоматизированы, поэтому они просты и экономичны в эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла. Мобильность, малые массогабаритные характеристики оборудования, возможность быстрого развертывания терминалов показали, что на сегодняшний день альтернативы более дешевого и надежного вида радиосвязи на расстоянии между объектами порядка 2000 км в Арктическом регионе нет.

Принцип работы метеорных сетей связи заключается в следующем. Ежедневное появление миллиардов метеорных трасс в северных широтах России в виде следов в верхних слоях атмосферы Земли

на высоте от 80 до 120 км представляет собой возможность использовать их как средство передачи информации. Они способны отражать или переизлучать радиочастотную энергию (обычно в УКВ диапазоне на частотах от 40 до 60 МГц)

Количество таких радиолиний определяется в зависимости от требуемой области покрытия системы удаленного мониторинга. Данные в сети с метеорной радиосвязи передаются короткими пакетами или формализованными сообщениями с использованием различных протоколов передачи и помехоустойчивого кодирования.

Производительность радиолинии метеорной связи определяется как время, необходимое для передачи данных между двумя станциями (ведущей и ведомой). Данные могут представлять собой короткие формализованные сообщения: считывание данных датчика; кодированные сообщения длиной до нескольких сотен символов; текстовые сообщения из нескольких слов; более длинные сообщения, получаемые путем объединения передачи последовательных пакетов. С точки зрения организации канала функция мультиплексного доступа с временным разделением (TDMA) присуща всем сетям метеорной связи. Она позволяет сотням (может быть и тысячам) станций работать в сети на одном частотном канале с шириной полосы 25 кГц, обеспечивая высокоэффективное использование радиочастотного спектра.

На рисунке представлена структурная схема системы удаленного мониторинга магистральных трубопроводов на базе SCADA-системы с применением сети метеорной связи, с которой при помощи существующих систем передачи данных и внешних оконечных устройств может передаваться информация в цифровую сеть связи и осуществляется интеграция услуг (ЦССИУ) МЧС России.

Информация от датчиков (Д) по традиционным проводным или беспроводным линиям передачи поступает на соответствующие терминалы, которые являются ведомыми станциями, затем обрабатывается и далее по метеорным радиолиниям (РМС) передается в головной терминал (ведущую станцию) с последующей обработкой и конвертированием. Диспетчерский пункт управления представляет собой либо отдельный компьютер с внешними устройствами подключения к линиям связи, либо локальную сеть рабочих серверов. Данные к нему, используя стандартные протоколы, передаются по линии

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

передачи существующей сети (в большинстве случаев это сеть Ethernet или WiFi). Для обеспечения человеко-машинного интерфейса между оператором и системой управления применяются современные SCADA-системы, то есть специальные программные продукты, которые реализуются в сетевых системах различного функционального назначения: серверы, станции-клиенты, станции мониторинга и др.

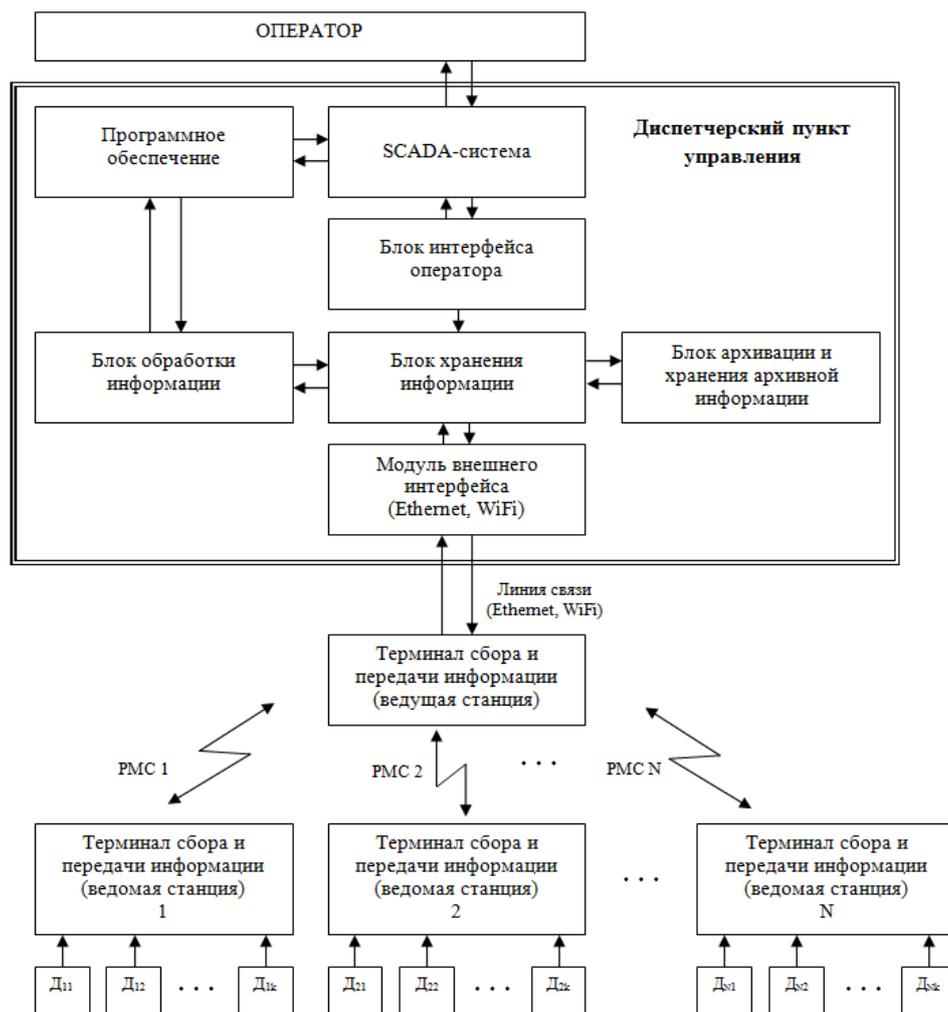


Рисунок - Структурная схема варианта системы удаленного мониторинга магистральных трубопроводов с использованием сети метеорной связи: РМС – радиолинии метеорной связи, Д – датчики физических величин

В целом, применение сетей метеорной связи в системах удаленного мониторинга нефтяных трубопроводов открывает большие возможности, чем когда-либо прежде, снижая сложность системы за счет конструктивного упрощения терминалов сбора данных, что несомненно

ведет к значительному снижению затрат на их обслуживание. К тому же, системы метеорной связи позволят быстро и эффективно развернуть удаленные недорогие средства по сбору информации с высокой степенью защиты целостности данных.

Организация мониторинга разветвленной сети магистральных нефтепроводов протяженностью свыше 4000 км в Арктической зоне России с использованием сети метеорной связи позволит на более качественном уровне осуществлять работу по обеспечению безопасного функционирования нефтяного трубопроводного транспорта.

Применение новой высокоточной системы удаленного мониторинга, реализованной на базе радиометеорной аппаратуры, позволит не только повысить эффективность действующей системы мониторинга, но и будет способствовать расширению ее структуры и возможностей.

Список использованных источников

1. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Уменьшение процесса коррозии металла при воздействии переменного частотно-модулированного сигнала // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (49) – 2019, С. 14-24.

2. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Кадочникова Е.Н. Анализ снижения пожарной опасности резервуарных парков // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 4 (48) –2018, с. 15-20.

3. А.Ю. Андрюшкин, И.Л. Скрипник, Е.Н. Кадочникова. Способ повышения безопасности использования корпусных деталей нефтеперерабатывающего оборудования // Научно-аналитический журнал. Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. № 2 – 2017. С. 28-33.

4. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Сорокин А.Ю., Савенкова А.Е. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018/№ 2 (19), С. 98-109.

5. Скрипник И.Л. Влияние модифицированных клеевых составов на надежность трубопроводов // Передовые инновационные разработки.

Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции. 30 марта 2019 г. – Казань: ООО “Конверт”, – 2019. с. 60-62.

6. О.А. Рыбин, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Подходы к методологии создания современных образцов пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 4 (2017) – 2017, С. 133-137.

7. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к созданию современных приборов приемно-контрольных пожарных // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (46) – 2018, с. 105-110.

8. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 2 (2018) – 2018, С. 128-134.

Организация работы беспилотной авиационной системы при проведении мониторинга нефтепроводов

В.В. Киселев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Россия является лидером по объёмам производства жидких углеводородов в мире. Протяженность магистральных нефте- и газопроводов исчисляется тысячами километров, что, в конечном счете, в значительной мере влияет на пожарную безопасность. Поэтому осуществление постоянного мониторинга данных объектов позволит своевременно предупредить возникновение вероятной аварии и значительно смягчить ее последствия. Мониторинг может осуществляться с помощью авиационной техники. Это могут быть вертолетные облеты или облеты с применением беспилотной летательной техники.

Способ применения вертолетной техники по сравнению с эксплуатацией для этих целей беспилотных воздушных судов отличается высокой стоимостью.

Также арендуемые вертолеты не оборудованы специальными устройствами для мониторинга. Контроль проводится проверяющими через иллюминаторы, что ухудшает условия наблюдения и не дает качественных материалов по результатам обследования.

Создание летательного аппарата, способного проводить такой мониторинг – это комплекс задач и направлений, выходящих за область пожарной безопасности.

Одной из задач в области пожарной безопасности при проведении облетов является фиксация открытого горения вблизи трубопровода. Оно может возникнуть в следующих условиях:

- пал костров;
- горение растительной подстилающей поверхности;
- локальный очаг горения углеводородов.

В перечисленных случаях оперативность получения информации о горении повышает пожарную безопасность за счет введения оперативных действий по ликвидации пожара.

Маршрут полета может быть спланирован таким образом, чтобы обеспечивался осмотр всей рабочей зоны.

Исходя из практических соображений, были сформулированы следующие рекомендации по построению маршрута полета:

- точками поворотов и разворотов авиационной техники необходимо найти характерные отличительные ориентиры, которые хорошо могут быть рассмотрены с воздуха, например, речные изгибы, дорожные развязки, нестандартные строения и т. д.

- Количество поворотных точек не ограничено, тем не менее следует учесть, что первая такая точка должна находиться непосредственно рядом с точкой старта.

- Рабочая зона мониторинга и ее глубина должны определяться устойчивостью приема – передачи видеоизображения и телеметрической информации относительно беспилотного воздушного судна.

- Траектория перемещения беспилотного воздушного судна не должна прокладываться вблизи мощных линий электропередач, а также необходимо исключать вероятность пролета над объектами, где имеются электромагнитные излучения.

- При определении площади облета необходимо четко знать время полета, причем рекомендуется ограничивать это время из расчета 75 % от паспортного значения предельного времени полета воздушного судна.

- Следует учитывать время, требующееся на взлет и посадку беспилотного летательного аппарата, причем это время должно быть принято не менее 10 минут.

- При построении варианта маршрута полета БПЛА определяется характером поставленной задачи и типом объекта мониторинга, а также особенностями местности.

- Если производится осмотр территории, то наиболее эффективным станет маршрут, построенный по круговой траектории.

В качестве объекта был выбран БВС самолетного типа. Для проведения мониторинга выбраны оптимальные условия эксплуатации БВС и граничные условия, лежащие в основе экспериментальной базы математической модели.

Угол обзора камеры аппарата – около 90 градусов. Видеоизображение представляет собой прямоугольник с соотношением сторон 16:9. Рабочая высота наблюдения для аппарата – 50 м. При этом область, попадающая в видеоизображение, имеет размеры 90 м на 50 м.

Для уменьшения искажения изображения в результате перспективы и соблюдения ограничения максимальной удаленности в 50 м, заложенной в

математической модели обнаружения, выделим зону в 70% от общей ширины.

Облет заданного объекта используется при проведении осмотров конкретных объектов. Широко применяется в случаях, когда координаты объекта известны и требуется уточнение его состояния.

Учитывают условие достаточности исследования одной точки с двух различных ракурсов. Для достижения качества и равномерности видеофиксации каждого следующего участка земной поверхности предусмотрен перехлест зон.

Рабочая скорость беспилотного воздушного судна около 60 км/ч, но в связи с погодными условиями (встречный ветер), этот параметр может значительно отличаться. Представим частоту захвата кадра в виде зависимости от скорости для интервала от 20 до 70 км/ч. В соответствии с полученной зависимостью интервал захвата кадра для скорости 50 км/ч составляет 1,5 с. Ветер при мониторинге оказывает большое влияние на летательный аппарат. При полете система автопилота учитывает ветровое давление, его скорость, направления и выбирает траекторию БВС с учетом внешнего воздействия.

Летательный аппарат перемещается за счет усилия, создаваемого винтовой группой, имеет собственную путевую скорость. За счет ветра эта скорость может быть выше или ниже относительно передвижения над поверхностью земли.

В общепризнанных терминах это значение выражается в определении истинной скорости. Современные образцы БВС автоматически определяют данное значение по координатам GPS и пересчетом относительных скоростей.

Применение такого подхода позволяет обеспечить равномерность исследования поверхности рассматриваемого участка с сохранением интервалов запаса.

Существующие алгоритмы показывают взаимосвязь летной платформы, программы обнаружения, базы данных и датчика освещенности которые в совокупности производят обнаружения источника зажигания позволяя оценить развитие пожара на линейных объектах нефтегазового комплекса. Структура показывает необходимость интеграции математической части процесса именно в штатный микрокомпьютер для скорейшей реализации и загрузки информации в алгоритм.

При этом для обеспечения безопасности пролета установлен приоритет на задачах, контролирующих управление и движение аппарата. Частота

современных микропроцессоров позволяет реализовывать совместную работу автопилота и алгоритма обнаружения. Алгоритм интегрирован в бортовую систему и является дополнением, расширяющим функционал устройства.

Это позволяет реализовывать функцию обнаружения без дополнительного навесного оборудования в штатной комплектации типового БВС.

Список использованных источников

1. Цариченко, С.Г. Беспилотные летательные аппараты, как средство повышения эффективности оперативно-тактической деятельности пожарно-спасательных подразделений / С.Г. Цариченко, Н.С. Родиченко // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – №1(162). – С. 14-23.

2. Власов, К.С. Индексы деятельности пожарных подразделений при организации тушения пожаров на объектах топливно-энергетического комплекса / К.С. Власов, А.А. Порошин // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – №2(60). – С.218-225.

3. Хафизов, Ф.Ш. Совершенствование методов повышения пожарной безопасности трубопроводов при транспортировке сероводородсодержащих углеводородов / Ф.Ш. Хафизов, И.Ф. Хафизов, А.С. Килинбаева // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2016. – № 2. – С.115-119.

4. Вытовтов, А.В. Способ оценки различных воздействий, проявляющихся в процессе развития аварии на линейных нефтегазовых объектах / А.В. Вытовтов, А.В. Калач // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2018. – №2(46) – С. 6-12.

5. Вытовтов, А.В. Перспективы использования БВС для обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли / А.В. Вытовтов, С.Ю. Разиньков // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2015. – Т.1. – №1(6). – С. 19-21.

6. Вытовтов, А.В. Перспективы использования БВС для обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли / А.В. Вытовтов, С.Ю. Разиньков // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2015. – Т.1. – №1(6). – С. 19-21.

7. Хафизов, И.Ф. Информационная база контроля состояния пожарной безопасности на объектах газодобычи / Е.В. Попова, Е.М. Абуталипова, Д.Е. Бугай, Т.А. Хакимов, С.В. Смольников, И.Р. Сунгатуллин, И.Ф. Хафизов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. □ 2015. – №4(102). – С. 199-208.

**Особенности математического моделирования
динамики температурного режима пожара
с учетом движения воздушных потоков**

А.В. Калач^{1,2}, А.П. Паршина¹, Е.В. Калач¹, Д.И. Сотников¹

¹ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет

²ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России

В современных строительных нормативно-технических документах в рамках действующего гибкого объектно-ориентированного противопожарного нормирования уделяется большое внимание безопасной эвакуации людей при возникновении пожара в различных зданиях и сооружениях. В соответствии с требованиями Федерального закона №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в зданиях должны быть обеспечены объемно-планировочные решения, позволяющие всем людям, находящимся в здании беспрепятственно выйти в безопасную зону в случае пожара до момента достижения опасными факторами пожара их критических значений [1]. Известно, что успешная эвакуация и другие действия по ликвидации опасности для людей и материальных ценностей в случае возникновения пожара в помещении, возможны лишь на начальном этапе его развития.

Известно, что на динамику начального этапа пожаров в помещениях оказывают существенное влияние температура, скорость развития пожара, высота расположения источника возгорания над уровнем пола, наличие естественной вентиляции помещения – сечение и высота расположения вентиляционного отверстия [2–6].

Прогнозирование динамики температурного режима пожара позволяет получить научно-обоснованные значения времени наступления критических значений такого опасного фактора пожара, как температура. Математическое моделирование позволяет описать физические процессы, протекающие в условиях неконтролируемого горения, что позволяет получить предварительные данные о динамике интересующих параметров. Таким образом, представляется возможным получить прогноз о развитии пожара, динамики опасных факторов пожара и возможном ущербе на том или ином объекте [2–10].

Прогнозирование и точность оценки динамики опасных факторов пожара представляет собой ключевую задачу. При этом, цель создания

математических моделей тепломассообмена при пожаре заключается в возможности прогнозирования динамики изменения параметров газовой среды помещения (в первую очередь, опасных факторов пожара), прогрева ограждающих конструкций и теплового или иного воздействия пожара на людей и материальные ценности. Оценка опасных факторов пожара, взрыва для различных сценариев их развития может быть проведена на основе сопоставления информации о моделировании динамики опасных факторов пожара на территории рассматриваемого объекта защита и прилегающей к нему территории, а также информации о критических для жизни и здоровья людей значениях опасных факторов пожара.

Рассматривая физические процессы, протекающие в ходе пожара, необходимо учитывать ряд параметров, которые оказывают существенное влияние на процесс горения. Поскольку пожары зачастую происходят в помещениях различного назначения, то необходимо учитывать его характеристики, например, считать вентилируемым в силу его негерметичности. Вентиляционные потоки могут возникать за счет щелей и негерметичности монтажа строительных конструкций и материалов. При этом также необходимо принимать во внимание наличие и производительность вентиляционного оборудования, параметры которого зависят от конфигурации и мощности применяемых установок [11–14].

Зачастую в условиях возникновения пожара предусмотрена работа только противодымной вентиляции, а также вентиляционного оборудования с естественным побуждением, при прогнозировании температурного режима пожара рассматривалось влияние на искомый параметр противодымной вентиляции и аэрационных фонарей.

Моделирование динамики параметров, характеризующих тепловые процессы, протекающие в условиях пожара в помещении, оборудованном аэрационными фонарями, основывалось на теории конвективного теплообмена и газовой динамики.

Это обусловлено необходимостью получения данных о динамике температуры газовой среды с учетом движения тепловых потоков и потери тепла через ограждения.

Принимая во внимание наличие открытого пламени и излучения лучистого тепла, представляется возможным принять допущения, позволяющие упростить решение поставленной задачи и при этом не исключаящие влияние параметров на тепловой процесс.

Таким образом, были учтены и обоснованы основные параметры процесса, которые оказывают значительное влияние на искомую величину, а менее значимые были исключены [15, 16].

При этом граничные условия:

- помещение оборудовано системой вентиляции с естественным побуждением;

- принято, что источник тела и лучистого излучения находится в центре замкнутого пространства;

- очаг возгорания излучает лучистое тепло;

- температура газовой среды оценивается как среднеобъемная и при этом насыщение газовой среды продуктами горения не учитывается.

Допущения, принятые в ходе математического моделирования:

- газообмен в помещении осуществляется только посредством аэрационных фонарей, то есть объем газа, удаляемого через систему вентиляции равен объему поступающего в помещение воздуха;

- нагревание газовой среды происходит за счет конвекции, теплоотдачи ограждениями, которые нагреваются посредством воздействия лучистого потока от очага;

- излучаемое от источника тепло, равномерно распределено по объему помещения;

- движение газовой среды в помещении обусловлено изменением плотности воздуха в результате нагрева от источника.

Движение воздушных потоков с учетом теплопереноса в текучей среде от источника тепла в условиях восходящего и нисходящего свободного движения воздуха в замкнутом пространстве описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{Dt}{d\tau} = a\nabla^2 t + \frac{Q}{\rho C_p} \\ \frac{d\bar{V}}{d\tau} = \bar{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad} p + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 \bar{V} \\ \frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Данная система уравнений включает в себя три уравнения: уравнение Фурье-Кирхгофа, описывающее перенос энергии в текучей среде; уравнение Навье-Стокса, описывающее движение вязкой несжимаемой жидкости; уравнение неразрывности.

Поскольку рассматривается свободная конвекция вдоль одной оси x , можно принять, что $v=0$, $w=0$, $\frac{\partial u}{\partial x}=0$, $\text{grad } p=0$. Объемная сила $F_y = F_z = 0$, а сила вдоль оси x будет определяться подъемной силой или силой Архимеда

$$F_x = g\beta(t-t_o), \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

β – коэффициент теплового расширения, 1/°С;

t_o – начальная температура, °С.

Текущее значение плотности определится соотношением

$$\rho = \rho_o(1-\beta(t-t_o)), \quad (3)$$

где ρ_o – начальное значение плотности, кг/м³. Тогда система уравнений (1), примет вид

$$\begin{cases} \frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{\lambda}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{Q}{\rho C_p} \\ \frac{\partial u}{\partial \tau} = g\beta(t-t_o) \\ \frac{\partial t}{\partial \tau} + u \frac{\partial t}{\partial x} = \left[\frac{(1-\beta(t-t_o))}{\beta} \right] \frac{\partial u}{\partial x} \end{cases}, \quad (4)$$

Учитывая дополнения (2) и (3), можно систему уравнений (4) преобразовать к виду

$$\frac{\lambda}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} - g\tau[(1-\beta(t-t_o))] \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{Q}{\rho C_p} = 0 \quad (5)$$

Если ввести в уравнение (5) замену, представляющую собой безразмерную температуру

$$z = 1 - \beta(t - t_o), \quad (6)$$

Получим

$$\frac{\partial t}{\partial x} = -\frac{1}{\beta} \frac{\partial z}{\partial x}, \quad \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = -\frac{1}{\beta} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}. \quad (7)$$

Принимая во внимание (6), (7) уравнение (5) имеет вид

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\rho C_p g}{\lambda} \tau \cdot z \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{Q\beta}{\lambda} = 0 \quad (8)$$

Принимаем, что

$$\xi = \frac{x}{h}. \quad (9)$$

Тогда, подставив безразмерную высоту в уравнение (8) получим

$$\frac{\partial^2 z}{\partial \xi^2} - \frac{\rho C_p g h}{\lambda} \tau \cdot z \frac{\partial z}{\partial \xi} - \frac{Q \beta h^2}{\lambda} = 0 \quad (10)$$

Исходя из принятых допущений, сформулируем значение источника тепловой энергии, которое зависит только от характеристик рассматриваемой пожарной нагрузки.

$$Q = \frac{\Psi_{y\partial} Q_H^p F}{V_{\Pi}}, \quad (11)$$

где $\Psi_{y\partial}$ – удельная скорость выгорания вещества, кг/(м²·с);

Q_H^p – теплотворная способность вещества, Дж/кг;

F – площадь поверхности горения, м²;

V_{Π} – объем помещения, м³.

Таким образом, уравнение (10) принимает вид

$$\frac{\partial^2 z}{\partial \xi^2} - \frac{\rho C_p g h}{\lambda} \tau \cdot z \frac{\partial z}{\partial \xi} - \frac{\Psi_{y\partial} Q_H^p F \beta h^2}{V_{\Pi} \lambda} = 0 \quad (12)$$

Применим замены, представляющие собой безразмерные комплексы:

$$\alpha_1 = \frac{\rho C_p g h}{\lambda} \tau \quad \text{и} \quad \alpha_2 = \frac{\Psi_{y\partial} Q_H^p F \beta h^2}{V_{\Pi} \lambda}, \quad (13)$$

следовательно

$$\frac{\partial^2 z}{\partial \xi^2} - \alpha_1 \cdot z \frac{\partial z}{\partial \xi} - \alpha_2 = 0 \quad (14)$$

В уравнении (14) содержатся производные от одной независимой величины, поэтому можно перейти от частных производных к полным

$$z'' - \alpha_1 \cdot z \cdot z' - \alpha_2 = 0 \quad (15)$$

В нашей задаче понизим порядок уравнения (15) за счет введения следующего :

$$z' - \frac{1}{2} \alpha_1 \cdot z^2 - \alpha_2 \xi = 0 \quad (16)$$

Решением уравнения (16) будет функция $z(\xi)$

$$z(\xi) = \frac{\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \left[C_1 \text{AiryAi} \left(1, -\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) + \text{AiryBi} \left(1, -\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) \right]}{\alpha_1 \left[C_1 \text{AiryAi} \left(-\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) + \text{AiryBi} \left(-\frac{1}{2} \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi \right) \right]} + C_2, \quad (17)$$

где AiryAi , AiryBi волновые функции, относящиеся к специальным функциям. В результате преобразований получим следующие выражения :

$$\text{AiryAi}\left(1, -\frac{1}{2}\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi\right) = -\frac{\sqrt[6]{3} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)}{2\pi} + \frac{\sqrt[3]{6}\sqrt[3]{(\alpha_1\alpha_2)^2}}{12 \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)} \cdot \xi^2 + \frac{\sqrt[6]{3} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)}{12\pi} \alpha_1\alpha_2\xi^3 \quad (18)$$

$$\text{AiryBi}\left(1, -\frac{1}{2}\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi\right) = \frac{\sqrt[3]{9} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)}{2\pi} + \frac{\sqrt[6]{972}\sqrt[3]{(\alpha_1\alpha_2)^2}}{12 \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)} \cdot \xi^2 - \frac{\sqrt[3]{9} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)}{12\pi} \alpha_1\alpha_2\xi^3 \quad (19)$$

$$\text{AiryAi}\left(-\frac{1}{2}\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi\right) = \frac{\sqrt[3]{3}}{3 \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)} + \frac{\sqrt[6]{3} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2}}{4\pi} \cdot \xi - \frac{\sqrt[3]{3} \cdot \alpha_1\alpha_2}{36 \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)} \xi^3, \quad (20)$$

$$\text{AiryBi}\left(-\frac{1}{2}\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} \cdot \xi\right) = \frac{\sqrt[6]{243}}{3 \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)} - \frac{\sqrt[3]{9} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2}}{4\pi} \cdot \xi - \frac{\sqrt[6]{243} \cdot \alpha_1\alpha_2}{36 \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)} \xi^3, \quad (21)$$

где $\gamma\left(\frac{2}{3}\right) = 1.3541$ – гамма функция из области специальных функций.

Безразмерный коэффициент α_1 включает независимый параметр τ , в связи с чем в (18) выходной параметр будет представлять собой двухпараметрическую функцию $z(\xi, \tau)$.

Введем граничные условия для задачи:

$$\text{При } \xi = 0 \text{ и } \tau = 0, z(\xi, \tau) = 1. \quad (22)$$

С учетом принятых допущений представляется возможным определить константы, входящие в уравнение (17)

$$C_1 = \frac{2\alpha_1 \cdot \pi\sqrt[6]{243} - 3\sqrt[3]{9} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)^2 \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2}}{3\sqrt[3]{9} \cdot \gamma\left(\frac{2}{3}\right)^2 \sqrt[3]{4\alpha_1\alpha_2} + 2\alpha_1 \cdot \pi\sqrt[6]{243}}, \quad C_2 = 1. \quad (23)$$

Учитывая волновые функции (18)-(21) преобразуем уравнение (17)

$$z(\xi, \tau) = \frac{\sqrt[3]{\alpha_1(\tau)\alpha_2}}{k} (\varphi_1(\tau)\xi^3 + \varphi_2(\tau)\xi^2 + \varphi_3(\tau)) + 1, \quad (24)$$

где

$$\varphi_1(\tau) = -\frac{0.043(-18.16 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2} + 15.7\alpha_1(\tau))\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2}{10.49 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2} + 9.062\alpha_1(\tau)} - 0.075\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2;$$

$$\varphi_2(\tau) = -\frac{0.112(-18.16 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2} + 15.7\alpha_1(\tau))\sqrt[3]{(\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2)^2}}{10.49 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2} + 9.062\alpha_1(\tau)} + 0.194\sqrt[3]{(\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2)^2}$$

$$\varphi_3(\tau) = \frac{0.26(-18.16 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2} + 15.7\alpha_1(\tau))}{10.49 \cdot \sqrt[3]{\alpha_1(\tau) \cdot \alpha_2} + 9.062\alpha_1(\tau)} + 0.45$$

В результате получено уравнение, которое содержит величины, не имеющие размерностей и безразмерные комплексы, что позволяет считать его критериальным.

Данное уравнение представляет собой одномерную математическую модель, описывающую динамику температуры газовой среды при пожаре в помещении, учитывающее движение воздушных потоков по принципу свободной конвекции.

Список использованных источников

1. Федеральный закон No 123-ФЗ. от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».- Новосибирск: Сиб.унив.изд-во, 2008. 144 с.

2. Моделирование пожаров и взрывов / под ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко -М.: «Пожнаука», 2000. 492 с.

3. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. -М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118с.

4. Пузач С.В., Зернов С.И., Богатищев А.И., Карпов С.Ю. Расчет фактических пределов огнестойкости строительных конструкций с учетом реальных параметров пожара, действий систем пожаротушения, механической вентиляции и дымоудаления (математическая модель и методика расчета). -Саранск: Мордовское книжное издательство, 2004. 80с.

5. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. Монография. -М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. 336 с.

6. Guan Heng Yeoh, Kwok Kit Yuen Computational Fluid Dynamics in Fire Engineering. Theory, Modelling and Practice. Butterworth-Heinemann. 2009. 544 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8589-4.X0001-4>

7. Enis Çetin A., Merci B., Günay O., Töreyn B.U., Verstockt S. Methods and Techniques for Fire Detection. Signal, Image and Video Processing

Perspectives. Academic Press. 2016. 95 p. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-01269-5>

8. Ralph B., Carvel R. Coupled hybrid modelling in fire safety engineering; a literature review // Fire Safety Journal. 2018. V. 100. p. 157-170. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.08.008>

9. Walton W.D., Carpenter D.J., Wood C.B. Zone computer fire models for enclosures // SFPE Handb. Fire Prot. Eng, Springer. 2016. p. 1024-1033.

10. Afzal A., Ansari Z., Faizabadi A.R., Ramis M.K. Parallelization strategies for computational fluid dynamics software: state of the art review // Arch. Comput. Meth. Eng. 2017. V. 24. p. 337-363. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9165-4>

11. Мурзинов В.Л., Паршин М.В., Паршина А.П. Моделирование температурного режима пожара с учетом работы вентиляции в негерметичном помещении // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 6. С. 56-60.

12. Мурзинов В.Л., Паршин М.В. Моделирование температуры в помещении при наличии открытого пламени в условиях свободной конвекции // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 12. С. 28-33.

13. Мурзинов В.Л. Метод построения температурного поля в объеме помещения // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 11. С. 39-44.

14. Мурзинов В.Л., Паршин М.В. Моделирование температурного режима при конвективном теплообмене в помещении с открытым пламенем // Энергосбережение и водоподготовка. 2015. № 2 (94). С. 56-58.

15. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. – М.: Атомиздат, 1979. 416 с.

16. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 2003. 840 с.

О возможности применения термохромных материалов для индикации самонагрева пиррофорных отложений

А.Г. Азовцев, С.А. Сырбу, С.Н. Ульява, А.Л. Никифоров

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Возможность индикации предаварийной ситуации может значительно повысить безопасность людей, учитывая их возможность визуально наблюдать за состоянием опасного объекта. Рассматривая нефтегазовую отрасль, где находится огромное количество опасных объектов, при проведении очистных и ремонтных работ на резервуарах вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов (далее – РВС) рабочие, занимающиеся очисткой РВС, могут выполнять работы внутри РВС только убедившись в отсутствии горючей среды. Это достигается дегазацией паровоздушного пространства РВС и периодической проверкой концентрации в паровоздушном пространстве с помощью газоанализатора концентрации паров горючих веществ.

С течением времени концентрация паров горючих веществ в паровоздушном пространстве может увеличиться за счет испарения с поверхностей и при появлении источника зажигания произойти взрыв или пожар. Распределение количества пожаров по типам предприятий с объектами нефтепродуктообеспечения в 2000-2013 гг. [1] представлено на рис. 1. К источникам зажигания в случае ремонтных или очистных работ могут относиться открытое пламя и искры, разряд электростатического электричества, пиррофорные отложения и др. Рассматривая такой источник зажигания как пиррофорные отложения можно рассмотреть их особенности в качестве источника зажигания.

Проблема образования и проблема их самовозгорания пиррофорных отложений ранее получили отражение в работах таких ученых, как: Реформаторская И.И., Заседателева Н.А., Бегишев И.Р., Петров А.П., Подобаев А.Н, Бояров А.Н., Кузин А.В., Z. Dou и др. [2-5]. Самовозгорание пиррофорных отложений связано с их «бурным» окислением кислородом, содержащемся в воздухе. При сливе, проведении ремонтных и очистных работ воздух попадает внутрь РВС и начинается реакция окисления пиррофорных отложений.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

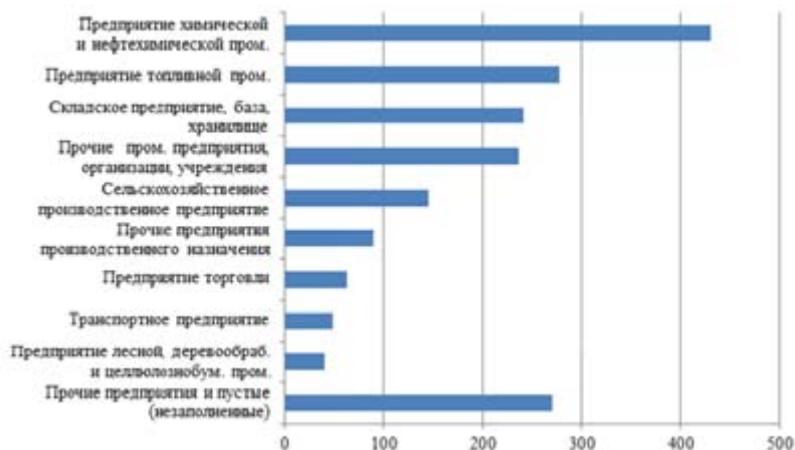


Рисунок 1 - Распределение количества пожаров по типам предприятий с объектами нефтепродуктообеспечения в 2000-2013 гг. [1]

В работе [6] было рассмотрено математическое моделирование процесса нагрева в слое пирофорных отложений с последующим распределением в стенку РВС. Распределение температуры по координате для пирофорного слоя при теплонасыщении представлено на рис. 2.

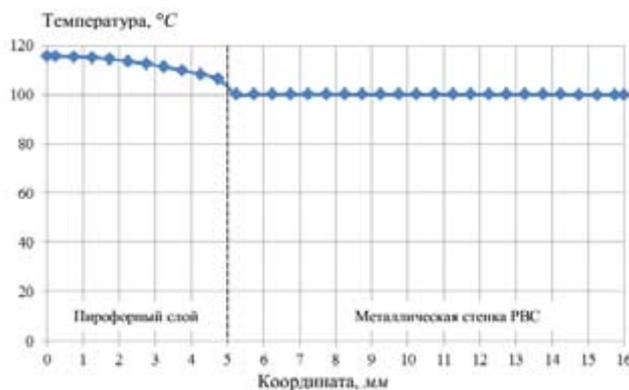


Рисунок 2 - Распределение температуры по координате для пирофорного слоя толщиной 5 мм при теплонасыщении (расчетные данные) [6]

Рассматривая рис. 2 видно, что температура на поверхности металлической стенки РВС ниже, чем максимум в слое пирофорных отложений при теплонасыщении на определенное значение. Учитывая этот момент можно применить термохромные материалы для индикации достижения предкритической температуры в слое пирофорных отложений.

Ранее применение термохромных красок рассматривалось нами для индикации предаварийных пожароопасных режимов работы электрооборудования [7, 8]. Для примера также можно привести индикацию, с помощью термохромных красок, нагретой до высокой температуры поверхности оборудования (рис. 3).



Рисунок 3 - Использование термохромных красок для индикации нагретой до высокой температуры поверхности оборудования

Повышение температуры на поверхности оборудования в месте где нанесены термохромные краски приводит к термохромизму—изменению цвета при изменении температуры. Теперь принимая во внимание то, что повышение температуры в слое пирофорных отложений приводит к увеличению температуры на поверхности РВС, нанесением термохромных красок, или использованием переносных элементов, прикладываемые к поверхности РВС, можно визуально определить находится ли температура в слое пирофорных отложений выше или ниже определенного значения. В качестве такого значения необходимо выбрать такую температуру, в которой будет учтен коэффициент безопасности, т.е. такое значение температуры, которое близко к критическому значению, но еще не достигло его. Это обосновывается тем, что наблюдая изменение цвета термохромных индикаторов, можно прибегнуть к действиям, направленным на устранения причины повышения температуры, либо удаления людей на безопасное расстояние.

Применение термохромных красок для индикации нагрева пирофорных отложений внутри резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов позволит визуально определить предаварийную

ситуацию и выполнить ряд мероприятий, направленных на обеспечение безопасности ремонтных или очистных работ.

Задачами для последующих исследований являются:

- определить критическую температуру пирофорных отложений и соответствующую ей температуру на поверхности резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов;
- определить необходимую температуру для последующего выбора термохромного материала с соответствующим температурным переходом.

Список использованных источников

1. Ширяев Е.В., Назаров В.П., Майзлиш А.В., Гогин А.А. Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов //Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» Выпуск № 3 (55), 2014 г. URL: <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2014-3/2014-3.html> (дата обращения 02.09.2019).

2. Бояров А.Н. Механизм формирования и защита от самовозгорания пирофорных отложений в вертикальных резервуарах (на примере ОАО «Самаранефтегаз»): дис. ... кандидата технических наук: 05.26.03. -Уфа, 2010. -129 с.

3. Кузин А.В. Безопасность ремонтных работ / А.В. Кузин, Г.Я. Теплинский, В.И. Юшков. - Москва: Химия, 1981. - 264 с.

4. Бейлин Ю.А., Нисельсон Л.А., Бегишев И.Р., Филимонов Л.И., Шишканов Б.А., Ащеулова И.И., Подобаев А.Н., Реформаторская И.И. Коррозионные пирофорные отложения как промоторы самовозгорания резервуаров с сернистой нефтью//Защита металлов, 2007, том 43, №3, с. 290-295

5. Z. Dou, J.C. Jiang, S.P. Zhao, G.B. Mao, M.G. Zhang, L. Wang, Z.R. Wang. Experimental investigation on oxidation of sulfurized rust in oil tank // Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2015, №38 с. 156-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.09.009>.

6. Азовцев А.Г., Новиков В.В., Баринаева Е.В., Салихова А.Х., Сырбу С.А. Моделирование тепловых процессов при нагреве пирофорного слоя в резервуаре вертикальном стальном для хранения нефти и нефтепродуктов // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 2 (78). – 2018 – С. 43-54. DOI:10.25257/TTS.2018.2.78. 43-54.

7. Никифоров А.Л., Карасев Е.В., Булгаков В.В., Животягина С.Н. Использование термохромных материалов в качестве сигнальных средств предупреждения пожаров в электроустановках // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24. №9. – С.41-47. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.41-47.

8. Азовцев А.Г., Ярунов Г.Р., Ульева С.Н., Никифоров А.Л. Использование термохромных сигнальных материалов для обнаружения предаварийных режимов работы оборудования // Материалы II международной научно-практической конференции, посвящённой Всемирному дню гражданской обороны 2018. С. 7-9.

Комплексный подход к решению технического обеспечения оперативного мониторинга северного морского пути и объектов инфраструктуры Арктики

Ю.Г. Ксенофонтов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Одним из основных направлений поддержания стабильного развития северных регионов России, является обеспечение безопасности стратегических объектов экономики от воздействий угроз природного и техногенного характера [1]. Согласно данным пресс-центра МЧС России суммарная стоимость всех запасов полезных ископаемых в арктическом регионе России, составляет порядка тридцати триллионов долларов. Исходя из этого, в МЧС сформулирована важная приоритетная задача – гарантированное спасение и сохранение жизни людей, а также поддержание нормального функционирования объектов при условии обеспечения заданной экологической обстановки [2].

Для качественного и своевременного реагирования на угрозы в Арктике на базе МЧС России планируется внедрение комплексной системы безопасности населения и объектов инфраструктуры.

На сегодняшний день на севере страны находятся базы атомных ледоколов и военных кораблей Северного флота, атомные электростанции, взрывопожароопасные объекты, разветвленная коммуникационная сеть. Все перечисленные объекты в любой момент могут стать причиной возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

В среднем в Арктике ежегодно происходит свыше ста ЧС техногенного характера. Поскольку информация о них в режиме реального времени в отдельных случаях может отсутствовать, действия сил МЧС России, дислоцированных на территории Арктической зоны не всегда слажены и должным образом скоординированы.

Для более своевременного и качественного оперативного мониторинга объектов Арктики России предлагается использовать комплексный подход, заключающийся в совокупности использования новейших эффективных технических средств, представляющую собой интеллектуальную систему, осуществляющую сбор, хранение и обработку информации поступающей с удаленных терминалов и средств разведки.

Современный этап освоения Арктической зоны РФ характеризуется преобладанием долгосрочных целевых программ, что предполагает тщательное научно-техническое и технико-экономическое обоснование проектов крупномасштабных мероприятий, с учётом возможного влияния их на климатические системы в планетарном масштабе и факторов экологической безопасности. Проведение же исследований тех или иных вариантов освоения ресурсов Арктики требует более ясного представления о возможностях использования ее транспортных коридоров и зон. Метеорологический, а также экологический и геофизический мониторинги проводятся в Арктике для решения различных задач. Информация о результатах таких наблюдений используются для подготовки соответствующих анализов и прогнозов, но при этом являются основой для дальнейших исследований Арктики.

По прогнозам специалистов Министерства природных ресурсов и экологии России основной центр российской нефтегазодобычи постепенно будет смещаться в сторону шельфа арктических морей [3]. Основным элементом арктической транспортной системы, осуществляющей перевозки грузов по морю вдоль береговой линии России, - Северный морской путь (СМП), который в перспективе должен стать крупнейшей транспортной магистралью, получившей международный статус. В перспективе СМП должен представлять собой главную коммуникационную артерию, которая соединит между собой северные территории с другими регионами страны по Северному морю на западе и Тихому океану на востоке. Сегодня для ряда северных населенных пунктов СМП является единственным путем, поддерживающим процесс жизнеобеспечения, а также основным способом транспортировки различных грузов, в том числе включенных в перечень импортозамещения [4; 5]. Преимущества СМП заключаются не только в уменьшении расстояния минимум на три-четыре тысячи километров, но и в снижении общего времени следования судов из портов Западной Европы в направлении на юго-восток, и экономических затрат на экипажи судов, топливо, в условиях отсутствия в северных широтах фактов пиратских нападений [6].

Ввиду большой территориальной протяженности СМП, наиболее рационально совместно со спутниковыми системами использовать системы воздушного мониторинга, которые способны наиболее эффективно обеспечивать необходимой информацией соответствующие координационные центры. Применение в составе Арктической группировки МЧС России беспилотных авиационных систем (БАС) способствует организации эффективной разведывательно-информационной

деятельности, тем самым решая вопросы межведомственного информационного обмена между силами и средствами и существующих структур других ведомств, например, Минобороны, Минтранса, «Роскосмоса» и других федеральных органов исполнительной власти и организаций, задействованных в данном процессе [7; 8]. Обеспечение потребностей в мониторинге всей трассы СМП достигается путем использования в основном наземных измерительных систем, но в последние годы предпочтение отдается системам дистанционного зондирования и, прежде всего, с использованием космических комплексов и БАС. При этом следует отметить, что они не дублируют, а лишь дополняют друг друга, решая самостоятельные независимые задачи, такие как, например, мониторинг транспортных магистралей и других элементов СМП, контроль состояния гидротехнических береговых сооружений и др., поэтому методы дистанционного зондирования со спутников и БАС становятся приоритетными в обеспечении работ на всей протяженности трассы СМП [9].

Мониторинг в Арктике в самом широком смысле этого понятия охватывает любые виды наблюдения за окружающей средой на границе морской поверхности и атмосферы, ниже поверхности моря и в атмосфере над поверхностью моря. Они могут дополнительно проводиться с различных платформ, которые включают в себя флот судов, океанские метеорологические станции, плавучие маяки, заякоренные буи, дрейфующие буи, вышки, нефтяные и газовые платформы и островные автоматические станции. Этими типами платформ в основном определяют измеряемые и сообщаемые элементы. Дистанционное же зондирование из космоса и использование новейших БАС позволяет существенно расширить измерения в отдельно взятой точке и получать пространственные характеристики, а также целый комплекс параметров, характеризующих обстановку в требуемом масштабе с заданной разрешающей способностью в режиме реального времени. В большинстве случаев для частных задач мониторинга наблюдательная сеть и приборная база либо отсутствуют, либо не достаточно совершенны, а требования к оперативной точности в этом случае относятся скорее к качественной сфере оценки обеспечения мониторинга конкретного района. Следует также отметить, что повышенное внимание уделяется и технической оснащенности систем мониторинга и лабораторного контроля, обеспечению их устойчивого функционирования и созданию соответствующей базы данных.

Необходимая плотность, или разрешение наблюдений соотносятся как с временными, так и пространственными масштабами, достаточными

для описания и понимания конкретного явления, которое следует проанализировать в той или иной задаче, или же для конкретного вида применения.

Географические масштабы существования конкретных явлений тесно связаны с их временными масштабами. Для составления краткосрочных прогнозов возникновения ЧС требуются достаточно плотная наблюдательная сеть и большая частота наблюдений на ограниченной территории для того, чтобы обнаруживать любые мелкомасштабные явления или процессы. По мере возрастания периода прогноза естественно возрастает и площадь территории, с которой должны поступать данные наблюдений.

В практике гидрометеорологического мониторинга проводят наблюдения за состоянием атмосферы, гидросферы и связанными с ними явлениями, которые, прежде всего, дают качественное описание метеорологических явлений. Оно необходимо, главным образом для того, чтобы оценить их воздействие на деятельность человека и безопасность функционирования транспортных объектов СМП, а также их значение для понимания и прогнозирования синоптических процессов.

Все результаты мониторинга должны быть стандартизированы по шкалам, что позволит оператору выбирать соответствующие данные из достаточно большого количества информации, представленной при помощи специальных средств визуализации в соответствии с условиями наиболее рационального ее восприятием. Лишь совсем недавно разработка автоматизированных станций наблюдения, в том числе, с использованием сетей метеорной связи, привели к необходимости количественного описания функций, прежде выполнявшихся самими операторами. Эффективность использования возможностей существующих предлагаемых систем мониторинга зависит от оперативности и качества управления составляющими ее инфраструктуру элементами (опорной сетью, узлами связи и др.).

В современных условиях комплексная автоматизация управления всеми видами мониторинга в Арктике является перспективным и экономически эффективным направлением ее развития, причем на первом плане выступает интеллектуализация системы управления. Так как основным ядром любой интегрированной системы является база знаний (БЗ), в которой в удобном для оператора виде концентрируется вся необходимая информация, при ее отсутствии эффективное применение данных видов систем не представляется возможным. Следовательно, наличие данного факт заставляет выдвигать на первый план именно вопросы разработки и создания таких БЗ.

На основании материала, представленного в статье, можно сказать, что применение новейших современных технологий в рамках создания сети мониторинга территории СМП, развертывания автоматизированной сети наземного контроля за состоянием объектов транспортной инфраструктуры, а также космических систем мониторинга, включая средства воздушного контроля обстановки, современных телекоммуникационных структур, обеспечивающих сбор и обработку данных, позволит значительно снизить время на принятие решений и более качественно реагировать на ЧС, возникающих на объектах транспортной инфраструктуры СМП.

Список использованных источников

1. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Обеспечение безопасности населения от воздействия опасных экологических факторов и используемые при этом средства защиты // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 3 – 2018. С. 53-57.

2. Д.В. Савельев, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Влияние опасных экологических факторов на безопасность населения и защита от них // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. г. Железногорск, 26 октября 2018 г., С. 211-214.

3. И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Производство дизельных топлив на удаленных газоконденсатных и нефтяных месторождениях России // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 424-428.

4. И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Организационные меры для обеспечения комплексной безопасности при транспортировке опасных грузов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 26 дек. 2017 г. / Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановский пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. - Воронеж, 2017. – С. 166-170.

5. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Обеспечение комплексной безопасности при транспортировке опасных грузов в Арктическом регионе // Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной жизнедеятельности населения” 27 сентября 2017 года. – Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, С. 299-302.

6. Бобровская Т.А., Ивахнюк Г.К., Скрипник И.Л. Управление пожарными рисками при осуществлении технологического аудита на предприятиях судоремонтного комплекса // Научно-аналитический журнал. Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. № 1(2018) – 2018. С. 31-40.

7. Воронин С.В., Скрипник И.Л. Варианты комплектации беспилотного летательного аппарата для мониторинга окружающей среды // Сборник трудов V международной научно-практической конференции ИНФОГЕО 2018 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий» в двух томах; том 1, СПб: РГГМУ, – 2018, С. 328-332.

8. Скрипник И.Л. Применение аналитико-технологических комплексов для мониторинга окружающей среды // Фундаментальные и прикладные разработки в области технических и физико-математических наук // Сборник научных статей итогового международного круглого стола. 28-30 декабря 2018 г. – Казань: ООО “Конверт”, – 2018. С. 17-19.

9. Савельев Д.В., Скрипник И.Л. Применение мобильного аналитико-технологического комплекса на базе дельталета для защиты окружающей среды // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 4 – 2018. С. 49-53.

Проблемы мониторинга очагов возгорания на основе автоматических систем пожарной безопасности в зданиях с массовым пребыванием людей (на примере учебных корпусов высших учебных заведений России)

В.П. Малый, Р.А. Кривошеев

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

В Российской Федерации законодательно закреплено, что здания с массовым пребыванием людей, которые включают в себя образовательные учреждения обязательно должны соответствовать всем требованиям пожарной безопасности и сами рабочие этих учреждений должны быть ознакомлены с соответствующими правилами [1].

Однако человек все равно не застрахован от пожара, даже если он соблюдает все правила пожарной безопасности. В таких условиях главная задача - вовремя узнать о его появлении и, если возможно, предотвратить пожар на начальных этапах его возгорания. Как правило, для этого используются автоматические системы пожарных извещателей, которые выполняют функцию мониторинга очагов возгорания.

В состав системы мониторинга входят датчики пожарных сигнализаций, которые устанавливаются во всех рабочих помещениях, имеющих потенциальные источники возгорания. Сигнал тревоги от них поступает на центральный пульт в ОДС – объединенную диспетчерскую службу, что позволяет мгновенно идентифицировать пожар и быстро принимать меры для его предотвращения. Все совокупность технических средств автоматических систем пожарной безопасности в образовательном учреждении, обеспечивает сохранность жизни и здоровья множества людей и позволяет предотвратить или минимизировать ущерб от пожара [2].

Статистические данные о пожарах, происходящих в образовательных учреждениях Российской Федерации, подтверждают наличие тенденции повышения ущерба от них. При этом необходимо учесть, что, речь идет только о прямом ущербе (косвенный, как правило, оказывается в несколько раз выше).

Данная ситуация обуславливает необходимость поиска путей минимизации числа пожаров и сокращения ущерба от них. Одним из путей, применяемых в развитых странах, является широкое использование систем мониторинга очагов возгорания. При верной

эксплуатации удастся регистрировать возникающие загорания на раннем этапе и принимать своевременные меры по ликвидации пожара еще до того, как ущерб становится значительным.

Мониторинг – это непрерывное, длительное наблюдение за объектом или процессом с целью выявления его соответствия каким-либо требованиям, желаемому результату или первоначальным предположениям.

Решение вопросов, связанных с использованием пожарной автоматики, осуществляется на базе качественного анализа особенностей объекта защиты с учетом требований действующих нормативных документов [3].

Происходящее в последние годы усовершенствование нормативной основы, сопровождаемое выпуском серии документов, призвано устранить имеющиеся пробелы в данной сфере.

Внедрение концепции обязательной сертификации соответствующей техники позволило уменьшить использование пожарных извещателей, обладающих дефектами разработки или выпускающихся без соблюдения требуемых технологических норм.

Однако техническая сложность и разнообразие используемой техники пожарной автоматики приводит к тому, что квалифицированный контроль соответствия характеристик техники заданным значениям на практике не всегда исполняется, что является фактором высокого потока отказов.

Существенное количество ложных срабатываний автоматических систем пожарной безопасности приводит к потере доверия к ним со стороны как потребителя, так и надзорного органа – Государственного пожарного надзора. В следствие этого на практике выезды подразделений пожарной охраны по сигналу пожарной сигнализации осуществляются крайне редко, что влечет за собой развитие крупных пожаров и многократное увеличение материального ущерба [4].

Ложные срабатывания автоматических систем обнаружения пожара происходит, как показывают статистические данные и наши исследования, по следующим основным причинам:

- попадания пыли;
- проникновения насекомых внутрь датчика.

Основными направлениями деятельности, которые могут обеспечить повышение надежности систем пожарного извещения в России являются, на наш взгляд, развитие и внедрение следующих мер по совершенствованию технических средств обнаружения пожара:

- нормативно-правовых,;
- расчетно-конструкционных;
- материально-технических;
- научно-технических.

Из перечисленной совокупности мер, одними из самых сложных и затратных по времени являются научно-технические меры. К ним относят:

- проведение исследований технологий обнаружения очагов возгораний;
- исследования эффективности и надежности функционирования элементов автоматических систем пожарной безопасности;
- разработка герметичной конструкции датчика таким образом, чтобы вход и выход проводов пожарного шлейфа были плотно зафиксированы, исключалось наличие щелей, проёмов (кроме отверстий для крепежа), а также чтобы не допустить запыление контактов датчика и оптико-электронной камеры, которые могут привести к неисправности датчика.
- подготовка специалистов для обслуживания и обеспечения надежного функционирования данных систем.

Установка систем мониторинга очагов возгорания в соответствии с нормами технического регламента обязательна во всех административных зданиях и социальных объектах, для своевременного предупреждения о начавшемся возгорании и его быстрого устранения [5].

Для обеспечения пожарной безопасности образовательного учреждения – объекта нашего исследования – используют систему, которая включает дымовые пожарные извещатели.

Извещатели пожарные дымовые срабатывают при попадании на оптико-электронную камеру датчика мельчайших частиц дыма. От их насыщенности зависит скорость реакции прибора. Принцип работы дымовых приборов основывается на том, что посылаемый луч при наличии в воздухе частиц дыма рассеивается. Прибор специальным датчиком фиксирует это изменение излучения. Пороговое отклонение приводит к активации системы пожарной сигнализации.

Извещатель пожарный дымовой пользуется большой популярностью за счет высокой чувствительности, а также быстрого реагирования на возникший очаг возгорания [6].



Рисунок 1



Рисунок 2

Рисунок 1,2 – Автоматические пожарные извещатели, установленные в Алтайском государственном техническом университете

Авторами поставлена цель провести анализ технических характеристик, прежде всего, – надёжности, автоматических систем мониторинга очагов возгораний учебного корпуса высшего учебного заведения, в частности, учебного корпуса Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- 1) изучить современное состояние проблемы автоматических систем мониторинга очагов возгораний;
- 2) изучить и провести анализ автоматических систем мониторинга очагов возгораний учебного корпуса высшего образовательного учреждения;
- 3) разработать рекомендации по совершенствованию автоматических систем мониторинга очагов возгораний учебного корпуса высшего образовательного учреждения.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

Анализ проведён путём определения:

- видов пожарных извещателей,
- измерения их расположения,
- расчета их количества для каждого помещения,
- изучения способа прокладки пожарного шлейфа.



Рисунок 3 — Фото учебного корпуса образовательного учреждения



Рисунок 4 — Схема 1 этажа учебного корпуса

Анализ системы извещения

1. На объекте установлены следующие модели точечных дымовых пожарных извещателей:

- ИП 212-46;
- ИП 212-41М;
- ИП 212-142;
- ИП-212-45(ДИП-45);
- ИП 212-87.

2. Все шлейфы системы извещения протянуты обычным сервисным проводом КСПВ 4х0.4мм.

3. Все шлейфы, протянутые по потолку не заведены в кабельные короба.

4. Коридорные шлейфы, протянутые по потолку, расположены вплотную с от угла перекрытия, меньше 0.5м, остальные шлейфы расположены по нормативам.

5. Все шлейфы, протянутые под подвесным потолком, не заведены в кабельные гофрированные короба, и в нескольких местах кабель пожарного шлейфа находится на расстоянии меньше 0,5м от осветительных приборов 220В.

6. За подвесным потолком отсутствуют пожарные извещатели.

7. В актовом зале на 4 этаже отсутствуют пожарные извещатели.

8. В шлейфах с применением извещателя модели ИП 212-41М отсутствует индикатор состояния шлейфа.

9. В кабинете 107, включающего в себя 3 помещения, в которых расположено большое количество станков и электротехнического оборудования отсутствует система пожарного извещения.

Затронутые и решаемые в данном исследовании проблемы совершенствования автоматических систем пожарной безопасности вполне имеют место и на других типах объектов:

- Здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей;
- Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений;
- Здания организаций по обслуживанию населения.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»



Рисунок 5 — Общежитие №1 г. Барнаул



Рисунок 6 — Администрация города Барнаула



Рисунок 7 — Молодежный театр Алтай

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты

По результатам анализа автоматических систем пожарной безопасности в учебном корпусе высшего учебного заведения выявлено множество несоответствий требований технического регламента пожарной безопасности. Среди них такие серьезные как:

- Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 № 123-ФЗ
- Свод правил: СП 5.13130.2009 (С изменением №1). Системы противопожарной защиты нормы и правила проектирования [21].
- Свод правил: СП 6.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [31].
- ППБ-01-03 Правила пожарной безопасности для образовательных учреждений Российской Федерации.
- ГОСТ Р 53315-2009 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний.
- ГОСТ Р 53325-2009 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний.

1. Установлено также, что вся система пожарного извещения учебного корпуса морально и технически устарела, и значительная часть пожарного шлейфа проложена не по нормативам. Во многих местах не установлена система пожарного извещения, а также весь шлейф пожарного извещения подлежит демонтажу.

2. Показано, что система требует оптимизации и улучшения функциональности.

3. Разработаны рекомендации по совершенствованию автоматических систем мониторинга очагов возгорания:

- заменить все дымовые пожарные извещатели на адресные извещатели модели ИП ДИП-34-03;
- все шлейфы системы извещения поменять на кабель не поддерживающий горения (нг) НГ LS, НГ HF, НГ FRLS, НГ FRHF с диаметром минимум 0,5 мм;
- все шлейфы, протянутые по потолку, завести в кабельные короба;
- коридорные шлейфы, протянутые по потолку, расположить от угла перекрытия на расстояние больше 0,5 м;
- все шлейфы, протянутые под подвесным потолком завести в кабельные гофрированные короба, и в нескольких местах оптимизировать расстояние кабеля пожарного шлейфа от осветительных приборов 220В на расстояние большее 0,5 м;
- за подвесным потолком произвести монтаж пожарных извещателей;
- произвести монтаж пожарных извещателей в актовом зале на 4 этаже;
- в кабинете 107 произвести монтаж системы пожарного извещения.

Выводы

1. Выявлены проблемы мониторинга очагов возгораний и найдены пути их решения.

2. Проведенный анализ позволил разработать новые, тщательно обоснованные рекомендации для совершенствования автоматических систем пожарной безопасности учебного корпуса образовательного учреждения.

3. Для обобщения обнаруженных негативных явлений и фактов авторы предполагают провести обследования и пожарно-технический мониторинг других сходных по назначению объектов в нескольких регионах России.

Список использованных источников

1. Фирстенко А.А. Анализ ПБ. Обследования и проверки. Справочник. Ч.3. М.: Институт ГО и ЧС, 2003. 223с.
2. Лепешкин О. М. Комплексные средства безопасности и технические средства охранно-пожарной сигнализации / О.М. Лепешкин, В.В. Копытов, А.П. Жук. - М.: Гелиос АРВ, 2009. – 280-288с.
3. Система обнаружения пожара // Пожарная безопасность. Энциклопедия. -М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. -12с.
4. Чувствительный элемент пожарного извещателя // Пожарная безопасность. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. -22с.
5. Собурь С. В. Доступно о пожарной безопасности / С.В. Собурь. - М.: Пожарная книга, 2009. - 894с.
6. Автономный пожарный извещатель. // Пожарная безопасность. - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007, - 9с.
7. Чепелев А. В. Некоторые аспекты обеспечения пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей / А. В.Чепелев, С.В. Мартынов. - М.:СибПСА ГПС МЧС Росии, 2019. – 294-301с.

Инструмент оценки состояния пожарной опасности по видам экономической деятельности

И.А. Кайбичев

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

В Российской Федерации успешно функционирует государственная система статистического учета пожаров и их последствий [1-4]. Результаты статистического наблюдения представляют в ежегодных сборниках ВНИИПО [5]. Имеющиеся данные по пожарам [5] однако не дают целостного представления о состоянии пожарной опасности в Российской Федерации по видам экономической деятельности. Предпримем попытку устранить этот недостаток.

Классификация видов экономической деятельности в Российской Федерации [6] соответствует принятой в Европейском экономическом сообществе [7].

Сгруппируем тематические блоки статистического сборника ВНИИПО ([5], Таб. 6) по видам экономической деятельности (Таб. 1).

Таблица 1 - Группировка количества пожаров по видам экономической деятельности

Вид экономической деятельности	Тематический блок сборника ВНИИПО	Кол-во пожаров, ед.
Раздел А. Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	Здания и сооружения сельскохозяйственного назначения	522
Раздел С. Обрабатывающие производства	Здания производственного назначения	2813
	Сооружения, установки промышленного назначения	777
Раздел Ф. Строительство	Строящиеся (реконструируемые) здания и сооружения	765
Раздел Г. Торговля оптовая и розничная, ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	Здания, сооружения и помещения предприятий торговли	2632
Раздел Н. Транспортировка и хранение	Транспортные средства	16410
	Складские здания, сооружения	1402
	Место открытого хранения веществ, материалов, с/х угодья и прочие открытые территории	3385

Продолжение таблицы 1

Раздел I. Деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	Здания для временного пребывания (проживания) людей	277
Раздел N. Деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	Прочие здания, сооружения и помещения общественного назначения	97
	Неэксплуатируемое здание (сооружение)	3122
	Прочие объекты пожара	703
Раздел O. Государственное управление и обеспечение военной безопасности, социальное обеспечение	Административные здания	799
Раздел P. Образование	Здания учебно-воспитательного назначения	276
Раздел Q. Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	Здания здравоохранения и социального обслуживания населения	211
Раздел R. Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений	Здания, сооружения и помещения. для культурно-досуговой деятельности населения и религиозных обрядов	272
Раздел S. Предоставление прочих видов услуг	Здания, помещения сервисного обслуживания населения	988
Раздел T. Деятельность домашних хозяйств как работодателей, недифференцированная деятельность частных домашних хозяйств по производству товаров и оказанию услуг для собственного потребления	Здания жилого назначения и надворные постройки	93383
	Отдельно стоящая хозяйственная постройка (бытовка, вагончик, сарай, хозблок, будка и др.)	1772
	Носильные вещи (вещи на человеке)	1233

При наличии в разделе классификатора видов экономической деятельности (Таб. 1) нескольких тематических блоков из сборника ВНИИПО [5] в дальнейших расчетах производили суммирование показателей.

Российский индекс пожарной опасности по видам экономической деятельности (Russian index fireman to dangers on type of economic activity - RIFDEA) находили путем усреднения показателей видов деятельности, попавших в корзину индекса (Таб. 1). Для данных 2018 года расчет RIFDEA дал значение 10141 (Рис. 1). Поскольку число пожаров не может быть дробным числом, мы применили при расчете округление до целого.

Буквы по вертикальной шкале (Рис. 1) соответствуют разделам классификатора видов экономической деятельности.

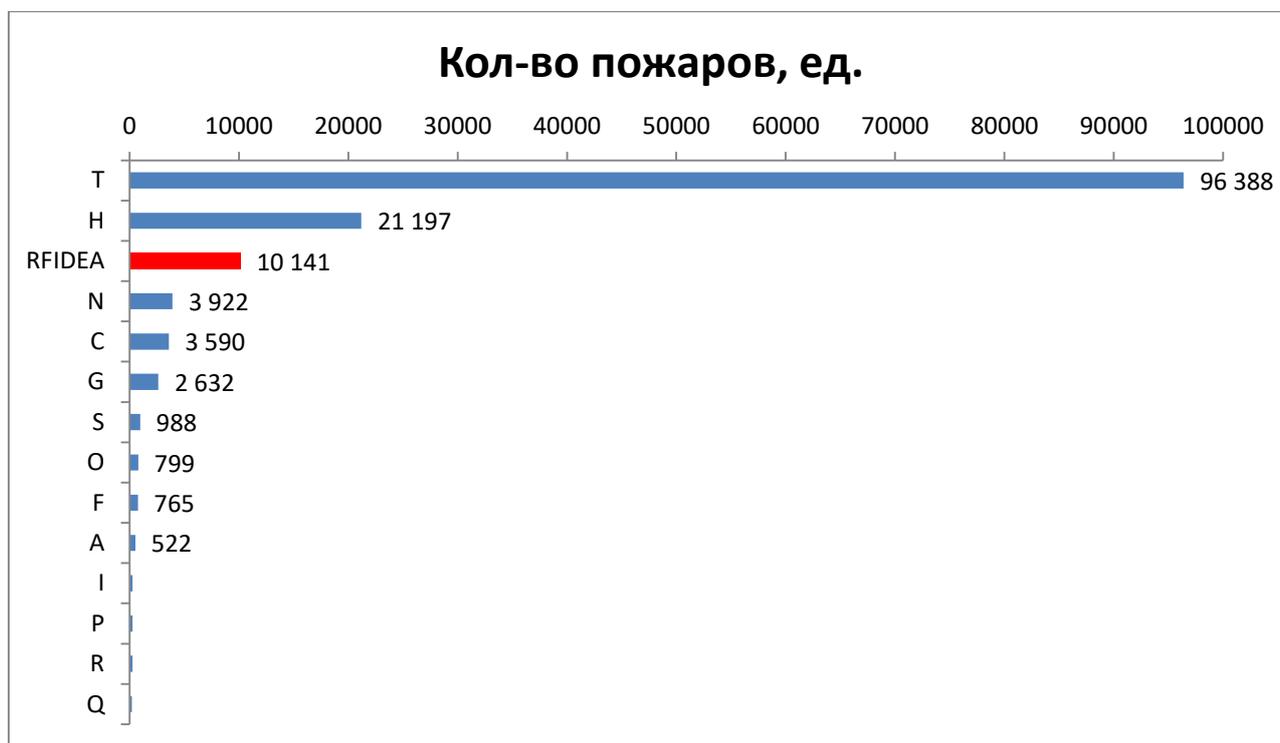


Рисунок 1 - Распределение количества пожаров в России за 2018 год по видам экономической деятельности.

С помощью индекса RIFDEA можно определить состав кризисной группы. В нее целесообразно включить виды экономической деятельности, количество пожаров по которым превышает значение индекса RIFDEA. Для 2018 года в такую группу вошли разделы T и H классификатора видов экономической деятельности. Эти виды экономической деятельности требуют более пристального внимания и профилактического контроля.

Разработанный Российский индекс пожарной опасности по видам экономической деятельности (Russian index fireman to dangers on type of economic activity - RIFDEA) является объективным показателем состояния пожарной опасности видов экономической деятельности Российской Федерации. Его включение в процедуру статистического наблюдения за пожарами позволит корректировать деятельность пожарного надзора.

Список использованных источников

1. О пожарной безопасности: фед. закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/
2. Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий: приказ МЧС России от 21 сентября 2008 г. № 714. Портал ООО «НПП ГАРАНТ-СЕРВИС». URL: base.garant.ru/194531/
3. Об утверждении статистического инструментария для организации МЧС России федерального статистического наблюдения за пожарами и последствиями от них: приказ Федеральной службы государственной статистики от 23 декабря 2009 г. № 311 // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95826/
4. О совершенствовании деятельности по формированию электронных баз данных учета пожаров (загораний) и их последствий: приказ МЧС России от 26 декабря 2014 г. № 727. Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_239084/
5. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2019. – 125 с.
6. О принятии и введении в действие Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД2) ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2) и Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) ОК 034-2014 (КПЕС 2008): приказ Росстандарта от 31 января 2014 г. № 14-ст (ред. от 16.10.2018) Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163268/
7. NACE Rev. 2 – Statistical classification of economic activities in the European Community. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008 — 363 p. URL: https://ec.europa.eu/sfc/sites/sfc2014/files/2007/nace_rev_2.pdf

Использование технологий БПЛА при пожаротушении

А.В. Пивоваров, А.А. Морозов

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

XXI век богат необычными разработками и научными открытиями. Но чем больше мы используем машины в повседневной жизни, тем чаще ученые говорят о вытеснении роботами людей с рабочих мест. Но всё же заменить человека полностью технологические новинки не в силах. Они лишь помогают, берут на себя часть функционала. Так на помощь человеку всё чаще приходят беспилотные летательные аппараты. БПЛА медленно, но уверенно покоряют всё новые сферы. Особенно эффективно их использование в таких сложных работах, как тушение пожаров и поиск пострадавших людей.

Во всем мире БПЛА для пожаротушения переходят из статуса тестируемой новинки в разряд помощников и даже становятся частью пожарной команды. В ряде стран БПЛА направляют к месту пожара, чтобы провести разведку для дальнейшей оценки обстановки на пожаре. Беспилотники-пожарные оборудованы специальными устройствами: камерами с тепловизорами, газоанализаторами. Эти приспособления помогают пожарным оперативно получить данные о масштабах пожара и расположении очагов возгорания, а также поиска людей нуждающихся в помощи. Больше нет необходимости задействовать большие команды - беспилотные летательные аппараты предоставят всю необходимую информацию.

Современные БПЛА способны обеспечить наиболее быстрое развёртывание наблюдения с воздуха. Это дает возможность подразделению максимально быстро начать действовать на пожаре. Во время пожаров в зданиях беспилотники могут проявить себя сразу в нескольких ролях. Во-первых, облетая здание и передавая оператору видео с обычной камеры, он помогает найти загоревшиеся участки и людей внутри здания. Бортовой тепловизор выявляет очаги возгорания и находит людей в задымлённых помещениях. Использование БПЛА в поисково-спасательных операциях стало одним из наиболее стремительно развивающихся направлений. Поиск пострадавших и организация спасательных работ – задача, требующая максимальной скорости реагирования. Передача данных в реальном времени поможет ответственным лицам принимать обоснованные решения и эффективно

координировать работу спасательных групп. Возможность использования различной полезной нагрузки еще больше расширяет возможности наши беспилотные летательные аппараты. Также, с помощью БПЛА станет проще обнаруживать лесные пожары. Телевизионная камера помогает найти огонь и задымление с высоты, а тепловизионная – определить очаг. Привязка видео и фото к географическим координатам даёт возможность сразу направить подразделение в нужное место.

Применение БПЛА в пожаротушении дает преимущество не только в оперативности получения информации о пожаре, но также в части мобильности и экономичности. Запустить БПЛА гораздо быстрее, чем вызвать вертолет, ведь в пожарах счет зачастую идет на минуты. Чем быстрее будут получены данные с воздуха, тем скорее подразделение сможет разработать эффективный алгоритм действий. Беспилотники обладают еще одним существенным преимуществом перед вертолетами для пожаротушения — они безопаснее. БПЛА аппараты обладают меньшими габаритами, следовательно, в экстренном случае его падение не превратится в какую-либо катастрофу.

Несмотря на то, что пожарные команды только приступают к разработке новых стандартов работы с помощью новых беспилотных технологий, беспилотные летательные аппараты уже успели зарекомендовать себя в качестве ценного ресурса. Особенно это явно видно по результатам работы на местах интенсивных пожаров. Еще более эффективным образом показали себя БПЛА оснащенные тепловизионными камерами. С их помощью пожарные могли точно и быстро определять, где находится очаг огня под крышей здания или других сооружений. Это важно в тех случаях, когда пожарные не могут собственными глазами увидеть подобные вещи. Кроме оценки степени воспламенения они помогают быстро оценить риск распространения огня на соседние строения. Ранее это приходилось делать вручную, посылая пожарных, которые должны были с риском для жизни наблюдать изнутри или подниматься в воздух на летательном аппарате, который также мог попасть в катастрофу. Вместо траты ресурсов на непосредственную борьбу с огнем пожарные вынуждены были использовать опасные и затратные с точки зрения денежных и временных параметров методы. Использование БПЛА позволяет обходиться меньшими силами при ликвидации чрезвычайной ситуации, а это важно для тех отделов пожарной охраны, где увеличение штата специалистов по разным причинам невозможно. Наконец, использование беспилотников помогает

сохранить жизнь пожарных. Но помимо очевидных выгод использования БПЛА при тушении пожаров, есть и иные полезные моменты. Например, записи с камер беспилотников помогают проводить анализ действий пожарных постфактум, использовать сохраненные записи для доказательств в суде, а также использовать видеоматериалы для обучения.

Итак, задуматься о повсеместном использовании БПЛА в пожаротушении стоит по нескольким причинам:

- снижается риск для жизни работников ОПЧС;
- увеличивается вероятность нахождения и спасения людей;
- благодаря поиску очагов возгорания тушение огня требует меньше времени и средств, наносит меньше ущерба;
- использование беспилотного летательного аппарата обходится гораздо дешевле, чем использование вертолета;

Список использованных источников

1. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: Справочное пособие/ А.Г.Гребеников, А.К.Мялица, В.В.Парфенюк и др. Харьков, 2008; Восс Л.

2. ZALA AERO GROUP [Электронный ресурс]: Применение беспилотников (беспилотных летательных аппаратов, БПЛА) – электронные данные, – режим доступа <http://zala.aero/primenenie/>

3. Интернет источники

Учебный модуль оценки целостности технологических аппаратов ультразвуковым методом

Г.Х. Самигуллин, Е.Н. Кадочникова

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Пожарная безопасность при эксплуатации технологического оборудования производственных процессов обеспечивается своевременным и достоверным контролем их технического состояния. Наибольшим потенциалом в этой области обладает оценка целостности элементов технологических аппаратов ультразвуковым методом контроля, который обладает рядом преимуществ в сравнении с другими методами: низкой стоимостью, высокой чувствительностью к дефектам, отсутствием вредных излучений, доступностью и большой производительностью.

Технологические установки, состоящие из герметичных аппаратов и емкостей, работающих под давлением выше атмосферного, как правило, являются опасными производственными объектами, которые могут в случае возникновения на них аварий нанести вред промышленным объектам, здоровью обслуживающего персонала и населения. Учитывая значительный срок эксплуатации большинства из них, достигающий либо превышающий проектный, повлекший, кроме «старения» металла, появление коррозионного и эрозионного износа стенок корпусов оборудования, а также трещин в сварных соединениях, риск появления аварийных ситуаций резко возрастает.

Кроме того, как показывают результаты проведения анализа аварийности таких опасных объектов [1], существенный «вклад» в снижение надёжности при их эксплуатации вносится дефектами труб металлургического характера типа расслоений и неметаллических включений, а также дефектами сварных швов типа трещин, подрезов, пор, шлаковых и иных включений, «заложенных» в них в процессе строительства и изготовления. Циклический характер воздействия на объекты рабочей и внешней среды в процессе их эксплуатации создаёт условия для превращения данных концентраторов напряжения в опасные трещиноподобные дефекты.

При проведении регламентных работ, предписываемых требованиями нормативных документов в области пожарной

и промышленной безопасности [2,3,4,5] обязательным видом неразрушающего контроля металла стенок оборудования и сварных соединений является как радиографический, так и ультразвуковой методы, обладающие возможностью выявления большинства типов дефектов и документирования его результатов.

При проведении обследований объектов в процессе эксплуатации универсальным методом неразрушающего контроля является ультразвуковой (УЗ) метод, позволяющий надёжно выявлять все виды дефектов, как сварных соединений, так и основного металла. Он же незаменим и при измерении степени коррозионного и эрозионного износа стенок технологических аппаратов и емкостей под давлением с помощью толщинометрии.

Приборы, применяемые для проведения ультразвукового контроля, осуществляют поиск дефектов в объекте исследования при помощи ультразвука. В основе работы ультразвукового дефектоскопа лежат колебания ультразвука, которые отражаются от неоднородностей внутри изделия и позволяют определить глубину дефектов, а также их размеры и координаты. Дефектоскопы применяют при контроле изделий из металлов, пластмасс, композитных материалов, бетона и прочих материалов.

Данные приборы также используют для контроля паровых котлов, железнодорожного полотна, сооружений из конструкционной стали, баллонов, летательных аппаратов и деталей автомобилей. Современные дефектоскопы комплектуют аккумуляторными батареями, что делает их мобильными. Диапазон опций программного обеспечения позволяет значительно упростить определение местоположения скрытых трещин, пустот, расслоения, неметаллических включений и др.

Преимущества ультразвукового метода по сравнению с другими методами контроля:

- высокая чувствительность и производительность;
- возможность контроля при одностороннем доступе к стенке контролируемого объекта;
- относительно низкая стоимость применяемого оборудования;
- безопасность для контролирующего персонала.

Известно [6], что источниками повреждений технологических аппаратов и сосудов, наряду с металлургическими и техническими несовершенствами, являются дефекты механического характера, нанесенные на поверхность оборудования в процессе монтажа

и эксплуатации. Они с высокой вероятностью могут служить концентраторами напряжений и источниками зарождения и роста трещин.

Немаловажным является и коррозионное воздействие на стенки оборудования в процессе эксплуатации, вызывающее язвенные поражения и коррозионные растрескивания, уменьшающие прочностные свойства металла. Поэтому ультразвуковой контроль остаточной толщины стенки в процессе эксплуатации - также необходимая процедура.

Емкости для хранения и переработки нефти и нефтепродуктов подвержены, в первую очередь, коррозионному воздействию на внутренние стенки и днища, так как нефти и нефтепродукты содержат агрессивные для их металла составляющие.

Использование в технологических объектах высокопрочных сталей, характеризующихся большими внутренними напряжениями, привели к тому, что одним из опаснейших видов коррозии в них стало коррозионное растрескивание под напряжением. Вспучивание отдельных участков значительной площади - обычное явление для резервуарных парков предприятий. Очагами данного явления являются расслоения внутри металла, которые под воздействием водорода в среде хранения расширяются и вспучиваются.

Наружные стенки резервуаров подвержены атмосферному воздействию, вызывающему коррозионные повреждения в виде язв небольших диаметра и глубины, что представляет значительно меньшую опасность для работоспособности всего резервуара.

Следующими возможными источниками нарушения работоспособности резервуара являются сварные соединения, как заводские, так и монтажные. К имевшимся в них дефектам и остаточным напряжениям после изготовления и монтажа добавляется вероятность возникновения трещин из-за напряжения от рабочего давления и воздействия внешних силовых нагрузок, главным из которых является нагружение при просадке резервуара.

Трубопроводы и сосуды газотранспортных объектов работают в более облегченном режиме вследствие слабой коррозионной активности транспортируемой среды, за исключением немногочисленных объектов, транспортирующих газ с высоким содержанием сероводорода, вызывающего коррозионное растрескивание стенок под действием напряжения, вызванного рабочим давлением транспортируемой среды.

Все перечисленные факторы и результаты их влияния

на технологические аппараты, эксплуатируемых в составе опасных производственных объектов требуют, наряду с другими методами обследования, широкого использования ультразвукового метода.

Основными задачами данного метода являются:

- контроль качества сварных соединений;
- измерение остаточной толщины стенки;
- контроль сплошности основного металла стенки с целью недопущения разгерметизации оборудования и выхода наружу взрывопожароопасных веществ.

В учебном модуле, разработанном для внедрения в учебный процесс, реализованы все типовые процедуры, выполнение которых необходимо при осуществлении ультразвукового контроля технологического оборудования, работающего под избыточным давлением. Указанный модуль включает в себя программный продукт, содержащий следующие разделы:

- основные теоретические сведения по ультразвуковым акустическим колебаниям;
- подробное описание операций включения, настройки, проверки и калибровки ультразвукового дефектоскопа;
- имитационная лабораторная работа по обнаружению дефекта в стенке технологического аппарата;
- средства итогового тестирования, позволяющего оценить уровень предварительной подготовки к проведению натуральных измерений ультразвуковым методом.

Теоретические сведения, включенные в учебный модуль, в краткой форме содержат:

- основные термины и определения в области акустических колебаний;
- конструктивное устройство и характеристики пьезоэлектрических преобразователей прямого и наклонного типов;
- принципиальную схему импульсного дефектоскопа с краткой характеристикой информации, отображаемой на экране дефектоскопа;
- классификацию ультразвуковых методов и наиболее распространенные схемы контроля стенок технологического оборудования;
- правила кодирования при описании обнаруженных дефектов при составлении отчетной документации.

Особое внимание уделено в модуле выполнению основных

настроек дефектоскопа, которые обеспечивают работоспособность и необходимый уровень точности ультразвуковых измерений. Приведены правила оценки метрологических характеристик и способы выполнения их корректировки в случае необходимости.

Имитационная модель ультразвукового контроля в интерактивном режиме иллюстрирует физические процессы, происходящие в стенках проверяемого оборудования при сканировании ультразвуковыми волнами. При этом наглядно демонстрируется зависимость формы и амплитуды ультразвукового отраженного сигнала от настроечных параметров сканирования эхо-методом, местоположения и размеров дефекта.

Проверка полученных знаний проводится путем тестирования, при котором учащийся должен выбрать правильный и полный ответ на ряд поставленных вопросов, после чего программа формирует оценочный лист с указанием правильных и ошибочных ответов.

Второй частью модуля является лабораторная установка, включающая в себя ультразвуковой импульсный дефектоскоп «Мастер А1212», комплект стальных стандартных образцов и учебные образцы, имитирующие дефектные участки стенок технологических аппаратов.

Полученные обучающимися теоретические знания и методические указания позволяют провести техническую проверку работоспособности и метрологическую настройку дефектоскопа, после выполняется практическая часть ультразвуковой дефектоскопии. В результате проведенных измерений должны быть определены: местоположение, ориентация и ориентировочные размеры «условных» дефектов.

В заключительной части практических измерений необходимо составить документальный отчет установленной формы, который одержит сведения по применяемым параметрам ультразвукового контроля, сведения об обнаруженном дефекте и эскиз участка стенки, подвергнутого ультразвуковому контролю.

Применение модуля в учебном процессе позволит усовершенствовать формирование компетенции у будущих специалистов в области промышленной и пожарной безопасности, поскольку своевременное обнаружение нарушений целостности аппаратов позволяет предупреждать возможные утечки горючих веществ, обеспечивая безаварийный режим работы оборудования. Знание теоретических основ и практических приемов применения ультразвукового контроля целостности технологического оборудования

позволяет повысить точность и обоснованность оценки их технического состояния.

Список использованных источников

1. <http://gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons>
2. Федеральный закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 года № 116-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
3. Федеральный закон РФ «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 №69-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (Утв. Приказом Ростехнадзора от 25.03.2014 г. № 116, зарег. в Минюсте России 19.05.2014 г. № 32326).
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (Утв. Приказом Ростехнадзора от 11 марта 2013 г. № 96).
6. Богданов Е. Л. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования: Учеб. пособие для вузов, - М.: Высш. шк., 2006. - 279 с.

**Аварийно химически опасные вещества (АХОВ)
в Ивановской области**

П.В. Данилов, Д.Н. Костылев, А.К. Кокурин, М.А. Козлова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

В современном мире известно более 7 млн. химических веществ, соединений, продуктов и полупродуктов, которые созданы человеком. Порядка 1% из них (около 60-70 тыс. опасных веществ) ежедневно находятся в непосредственном контакте с человеком. Вместе с тем, находящиеся повсюду химические вещества зачастую присутствуют в количествах, значительно превышающих предельные допустимые концентрации.

Промышленность, особенно химическая, создаёт серьёзную опасность для жизнедеятельности и здоровья населения, поскольку в процессе её функционирования имеют место выбросы в окружающую природную среду аварийно химически опасных веществ (далее – АХОВ). Говоря об опасности подобных выбросов, достаточно вспомнить резонансную и одну из самых масштабных катастроф, связанную с выбросами АХОВ, – Бхопальскую катастрофу, произошедшую в результате аварии на химическом заводе, принадлежащем американской корпорации Union Carbide, в индийском городе Бхопал 3 декабря 1984 года, в результате которой погибло 18 тысяч человек (3 тысячи погибли непосредственно в день аварии, а 15 тысяч – в последующие годы. Общее же количество пострадавших оценивается в 150-600 тысяч человек). И аварии на предприятиях химической отрасли, связанные с выбросами АХОВ, регистрируются ежегодно.

Это обстоятельство предопределило актуальность и практическую значимость статьи, цель которой – выяснить, какие предприятия и какие вещества, получившие значительное распространение в Ивановской области и непосредственно в городе Иваново, наиболее опасные, а также спрогнозировать развитие ситуации, связанной с выбросом АХОВ в окружающую среду, по наихудшему варианту развития.

Согласно Государственному стандарту Российской Федерации ГОСТ Р 22.1.10-2002 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг химически опасных объектов. Общие требования» АХОВ – это «опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может

произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах)» [1].

Вместе с тем, стоит понимать, что процессы урбанизации, когда площадь селитебной застройки меняется очень быстро, могут сыграть злую шутку. То расположение производственных мощностей, которое было актуальным ещё лет 30-40 назад, сегодня несёт прямую угрозу населению. Рассматривая застройку любого города, можно увидеть, что опасные производственные объекты, ранее находившиеся за городской чертой, теперь находятся в непосредственной близости от жилых домов или мест с массовым пребыванием людей. То есть угроза, потенциально исходящая от подобных объектов, – на высоком уровне.

С учётом вышесказанного необходимо охарактеризовать основные классификационные признаки АХОВ по степени и тяжести воздействия на человека и окружающую среду в первую очередь для того, чтобы, проанализировав имеющиеся на промышленных предприятиях Ивановской области и г. Иваново химические вещества, определить, какие из них наиболее опасны и как они поведут себя в условиях выброса их в окружающую среду.

Существует чёткая градация аварийно химически опасных веществ, которая определяет возможные степени и тяжести воздействия различных химических веществ и соединений на организм человека [2]:

А) токсические вещества – вещества, которые при воздействии на живые организмы способны приводить к гибели, а также имеющие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 мг/кг до 200 мг/кг;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 мг/кг до 40 мг/кг;
- средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 мг/л до 2 мг/л.

Б) высокотоксичные вещества – это вещества, которые при воздействии на живые организмы способны приводить к их гибели и имеющие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 мг/кг;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 мг/кг;
- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 мг/л.

В) вещества, представляющие опасность для окружающей среды – это вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями:

- средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 мг/л;
- средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафний в течение 48 часов не более 10 мг/л;
- средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов не более 10 мг/л.

С определённой степенью уверенности можно утверждать, что в наибольшей степени опасность последствий химических аварий на потенциально опасных объектах определяется летучестью аварийно опасных химических веществ, а также продолжительностью их поражающего действия. Данные условия во многом зависят от физико-химических свойств веществ и соединений, в частности температуры кипения вещества. В зависимости от этого показателя АХОВ делятся на три группы:

Первая группа – вещества, которые имеют точку кипения ниже -40° (с нижнего предела возможных температур) (водород, метан, угарный газ). В чрезвычайной ситуации с выбросом таких веществ происходит образование только первичного газового облака, которое может создать опасность взрыва и пожара; кроме того, образование первичного облака может привести к резкому снижению объёмной доли кислорода в воздухе, особенно в небольших закрытых помещениях, что приведёт к образованию непригодной для дыхания среды. Такой средой называется среда, в которой объёмная доля кислорода меньше 18%. Если рассмотреть разрушение единичной ёмкости, то время образования и действия газового облака таких веществ (первичного облака) не превышает нескольких десятков секунд. В качестве примера можно привести выдержки из аналитической записки Ивановостата о состоянии окружающей среды Ивановской области. Согласно статистическим данным и исследованиям основными загрязнителями области являются организации по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, а также обрабатывающие производства. В результате производственной деятельности указанных предприятий, воздух был загрязнен метаном (38,6%), углеродом (сажей) – 9,1%, неорганической пылью – 22,3%. За последние годы, благодаря усилиям по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, удалось очистить только 44% выбросов.

Вторая группа – вещества, имеющие точку кипения в интервале температур от -40° до $+40^{\circ}$ (хлор, аммиак, оксид этилена). Вещества данной группы находятся в парообразном состоянии, однако легко переводятся в жидкое состояние при сжатии. В соответствии

с нормативными документами по хранению, транспортировке и использованию АХОВ данной группы, химические вещества должны храниться в изотермических ёмкостях в охлаждённом виде либо при обычной температуре под давлением. Примеров чрезвычайных ситуаций с выбросом АХОВ второй группы можно приводить много. Относительно Ивановской области можно привести пример выброса хлора в д. Березняки Кинешемского района Ивановской области. Чрезвычайная ситуация произошла 14 ноября 2012 года на заводе «Ависма», где в результате выброса химического вещества из-за разгерметизации установки хлоратора погибло на месте 3 человека, 9 человек были госпитализированы с отравлением хлором, а также 38 человек обратились в лечебное учреждение с симптомами отравления.

Третья группа – это вещества с температурой кипения выше +40 °С (верхнего предела возможных температур) (бензол, фенол и толуол). Также в эту группу входят АХОВ, находящиеся при атмосферном давлении в жидком состоянии. В случае ЧС, повлекшую разлив химических веществ третьей группы, происходит преимущественно химическое загрязнение местности и возникает опасность загрязнения грунтовых вод. Также разлив таких химических веществ может привести к образованию вторичного облака загрязненного воздуха, т.е. облака, образующегося в результате испарения разлившихся опасных химических веществ с подстилающей поверхности. Примеров ЧС с участием АХОВ такого класса на территории Ивановской области не так много. Один из примеров: дорожно-транспортное происшествие с участием автоцистерны, перевозящей фенол, которое произошло днём 20 мая 2018 года на автодороге Иваново-Ярославль у села Афанасьевое в Комсомольском районе Ивановской области. В результате неисправности крепления бочка-цистерна с опасным, очень токсичным химическим веществом – фенолом – слетела с платформы тягача в кювет. В результате падения цистерна не разгерметизировалась, разлива фенола не последовало, пострадавших и погибших нет.

Другим фактором опасности при авариях на химически опасных объектах является степень воздействия АХОВ на организм человека. В этом случае АХОВ делятся на четыре класса:

I класс – чрезвычайно опасные вещества, к которым могут относиться:

- некоторые соединения металлов (органические производные мышьяка, ртути, свинца, кадмия, цинка и др.);
- карбонилы металлов (теракарбонил никеля, пентакарбонил железа);

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

- вещества, содержащие цианогруппу (соли, нитрилы, циангидриды, изоцианаты синильной кислоты);
- соединения фосфора (фосфорорганические соединения, хлориды фосфора);
- галогены (хлор, бром, фтор);
- галогенводороды (водород хлористый, водород фтористый, водород бромистый);
- хлоргидрины (этиленхлоргидрин, эпихлоргидрин);
- фторорганические соединения (фторуксусная кислота и ее эфиры, фторэтанол);
- некоторые другие соединения (фосген, окись этилена, амины, алкиловый спирт).

II класс – высокоопасные АХОВ, к которым относятся;

- минеральные и органические кислоты (серная, азотная, соляная, уксусная);
- щелочи (аммиак, едкий натр, едкий калий);
- серосодержащие соединения (сульфиды, сероуглерод, тиокислоты, тиоцианаты);
- галогензамещенные углеводороды (хлористый метил, бромистый метил);
- некоторые спирты и альдегиды кислот (формальдегид, метиловый спирт);
- органические и неорганические ниро- и аминсоединения (гидразин, анилин, нитробензол, толуидин);
- фенолы, крезолы и их производные.

III класс – умеренно опасные АХОВ, к которым относятся сероводород; соляная кислота; хлористый водород; сернистый водород.

IV класс – малоопасные АХОВ (аммиак; дихлорметан; метилакрилат).

На территории г. Иваново и Ивановской области находится 97 потенциально опасных объектов. Из них 23 химически опасных и 74 пожаро-взрывоопасных.

Количественно химически опасные объекты по классу опасности подразделяются следующим образом:

- 1 класса (1 объект);
- 2 класса (1 объект);
- 3 класса (0 объектов);
- 4 класса (11 объектов);
- 5 класса (10 объектов).

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

Пожаро-взрывоопасные объекты по классу опасности подразделяются следующим образом:

- 1 класса (2 объекта);
- 2 класса (2 объекта);
- 3 класса (5 объектов);
- 4 класса (11 объектов);
- 5 класса (54 объекта).

Распространение на территории города Иваново и Ивановской области и токсичных веществ представлены в таблице.

Таблица - Использование химически опасных веществ на предприятиях г. Иваново и Ивановской области

№ п/п	Наименование предприятия, организации и ведомственная принадлежность	Наименование и количество хранимых, транспортируемых, перерабатываемых опасных веществ	Условия хранения опасных веществ	Вид опасности с указанием вида производства (производств)	Класс опасности
г.о. Иваново					
1	ЗАО «Хладокомбинат «Ивановский»	Аммиак – 10,0 т	Обваловано	ХОО Пищевая промышленность	4
2	ООО ТД «Меланж Текстиль»	Уксусная кислота -4,7 т	Не обваловано	ХОО Текстильная промышленность	5
3	ОАО «Сан Ин Бев» филиал г. Иваново	Аммиак – 3,0 т	Обваловано	ХОО Пищевая промышленность	5
4	ООО «Отделочная фабрика Возрождение»	Пергидроль – 64,0 т; Серная кислота -73,0 т	Не обваловано Обваловано	ХОО Текстильная промышленность	5
5	ОАО «Новая Ивановская мануфактура»	Каустик – 50,0 м ³ ; Перекись водорода – 13,4 м ³	Не обваловано	ХОО Текстильная промышленность	5
6	ОАО «Ивхимпром»	Хлорсульфоновая кислота – 80,0 т Олеум – 80,0 т Аммиачная вода – 80,0 т	Обваловано	ХОО Химическая промышленность	4
7	ООО «Текстильная компания «Красная Талка»	Серная кислота –220,04 т; Каустик – 200,9 т; Перекись водорода – 91,2 т	Не обваловано	ХОО Текстильная промышленность	4
Ивановский муниципальный район					
8	ОАО «Ивановский бройлер»	Аммиак – 11,0 т	Не обваловано	ХОО Пищевая промышленность	5
9	ФГУ «Комбинат «Зеленый» Росрезерва	Аммиак – 4,0 т	Не обваловано	ХОО Государственный резерв	1
г.о. Кинешма					
10	ОАО «Кинешемский городской молочный завод»	Аммиак – 3,0 т.	Не обваловано	ХОО Пищевая промышленность	4
11	ОАО «Дмитриевский химический завод-Производство»	Уксусная кислота –806,5 т. Бутил-ацетат – 830 т. Бутиловый спирт –2960 т.	Обваловано	ХОО Химическая промышленность	4

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

Кинешемский муниципальный район					
12	ООО «ХБК Навтекс»	Серная кислота – 43,0 т.	Не обваловано	ХОО Текстильная промышленность	4
Вичужский муниципальный район					
13	ООО «Новописцовский льнокомбинат»	Серная кислота – 3,2 т Пергидроль – 2,0 т	Обваловано	ХОО Текстильная промышленность	5
14	ООО «Производственное предприятие Красный Октябрь»	Едкий натр – 35,19 т. Перекись водорода – 20,4 т.	Не обваловано	ХОО Текстильная промышленность	5
г.о. Кохма					
15	ООО «Кохма текстиль»	Серная кислота – 60 т, Каустик – 114 т, Пергидроль – 5 т.	Не обваловано	ХОО Текстильная промышленность	5
г.о. Шуя					
16	ОАО ХБК «Шуйские ситцы»	Серная кислота 51,064 т	наземная емкость	ХОО Текстильная промышленность	5
17	Головные водозаборные сооружения МП ЖКХ Муниципальное	Хлор – 3 т	наземная (3 контей- нера)	ХОО Очистка и распределение воды	4
Гаврилово-Посадский муниципальный район					
18	ОАО «Спиртзавод Петровский»	Хлор – 15,1 т, этиловый, формалин – 108 т, аммиак – 2,4 т, сивушное масло – 25 т,	Не обваловано	ХОО Пищевая промышленность	4
Заволжский муниципальный район					
19	ООО «Межмуниципальное Коммунальное Предприятие»	Хлор – 3,0 т.	Не обваловано	ХОО Производство и распределение воды	4
20	ООО «ВолгаХим»	Уксусная кислота – 33,0 т соляная кислота – 145,0 т хлорсульфидная кислота – 22,0 т	Не обваловано	ХОО Химическая промышленность	2
Приволжский муниципальный район					
21	ООО «Тексмода»	Серная кислота - 60,0 т, Каустик – 60 т	Не обваловано	ХОО Текстильная промышленность	5
Родниковский муниципальный район					
22	ЗАО «Индустриальный парк Родники»	Хлор – 10 т, серная кислота – 60 т, каустик – 60 т	В заглубленном складе	ХОО Текстильная промышленность	4
23	ЗАО «Родниковский машиностроительный завод	Серная кислота – 64т.	Обваловано	ХОО Машиностроение	4

Рассмотрев результаты запасов АХОВ на территории Ивановской области, мы делаем вывод, что Ивановская область имеет значительные запасы опасных химических веществ. При рассмотрении токсических свойств химических веществ их объемы, можно сказать, что наиболее опасным веществом является аммиак.

Несмотря на то, что запасы аммиака на территории Ивановской области являются значительными, в промышленности аммиак используется в основном как хладагент в охлаждающих и морозильных

установках. Тем не менее, если рассмотреть вероятные аварии с выбросом аммиака на предприятиях Ивановской области, то можно определить значительные зоны химического заражения.

На рис.1 представлена зона химического заражения при возникновении ЧС на ОАО «Ивхимпром» с выбросом 80 т аммиачной воды (наихудший вариант).

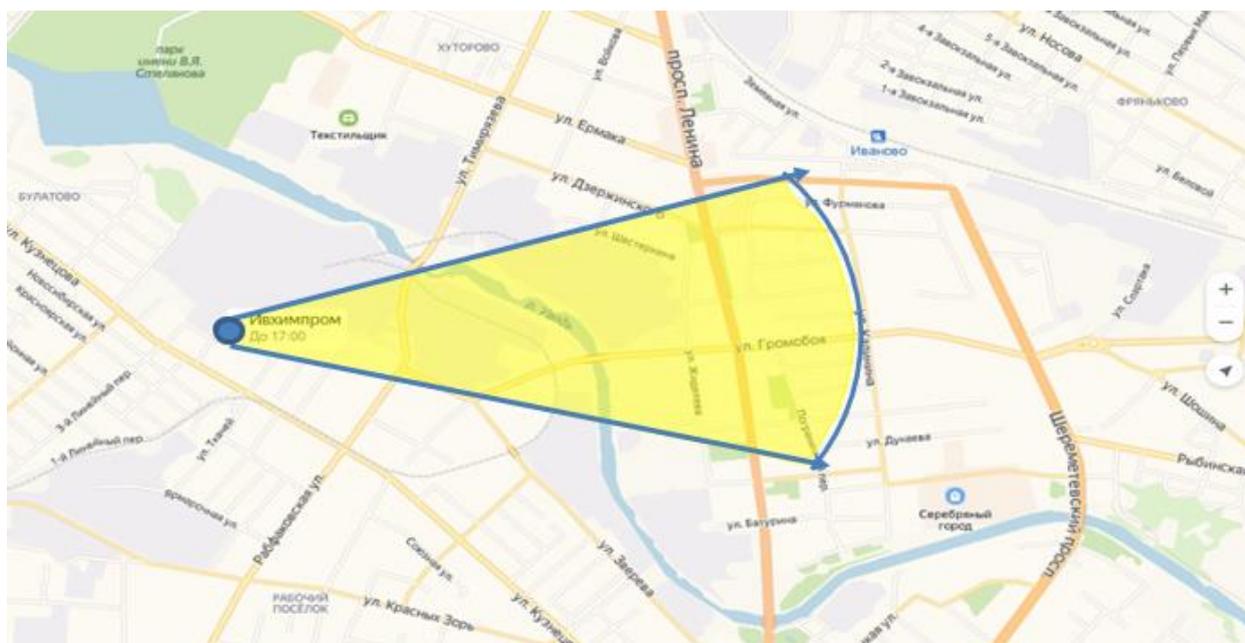


Рисунок 1 - Возможная химическая обстановка при выбросе аммиака на ОАО «Ивхимпром»

При проведении расчетов, согласно методике определения масштабов заражения АХОВ при авариях на химически опасных объектах и транспорте (РД 52.04.253-90), мы получили следующие расчетные данные [4]:

- глубина зоны заражения – 2,121 км;
- площадь зоны заражения – 1,766 км²;
- количество населения, оказавшегося в зоне заражения – 83 человека.

На рис.2 представлена зона химического заражения при возникновении ЧС на ЗАО «Хладокомбинат Ивановский» с выбросом 10 т аммиака (наихудший вариант).

При проведении расчётов, получаем следующие расчетные данные:

- глубина зоны заражения – 1,449 км;
- площадь зоны заражения – 0,824 км²;

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

- количество населения, оказавшегося в зоне заражения – 38 человек.

Исходными данными для расчётов являлись:

- температура воздуха – +10 °С;
- скорость ветра – 3 м/с;
- состояние атмосферы – инверсия;
- время суток – ночь.

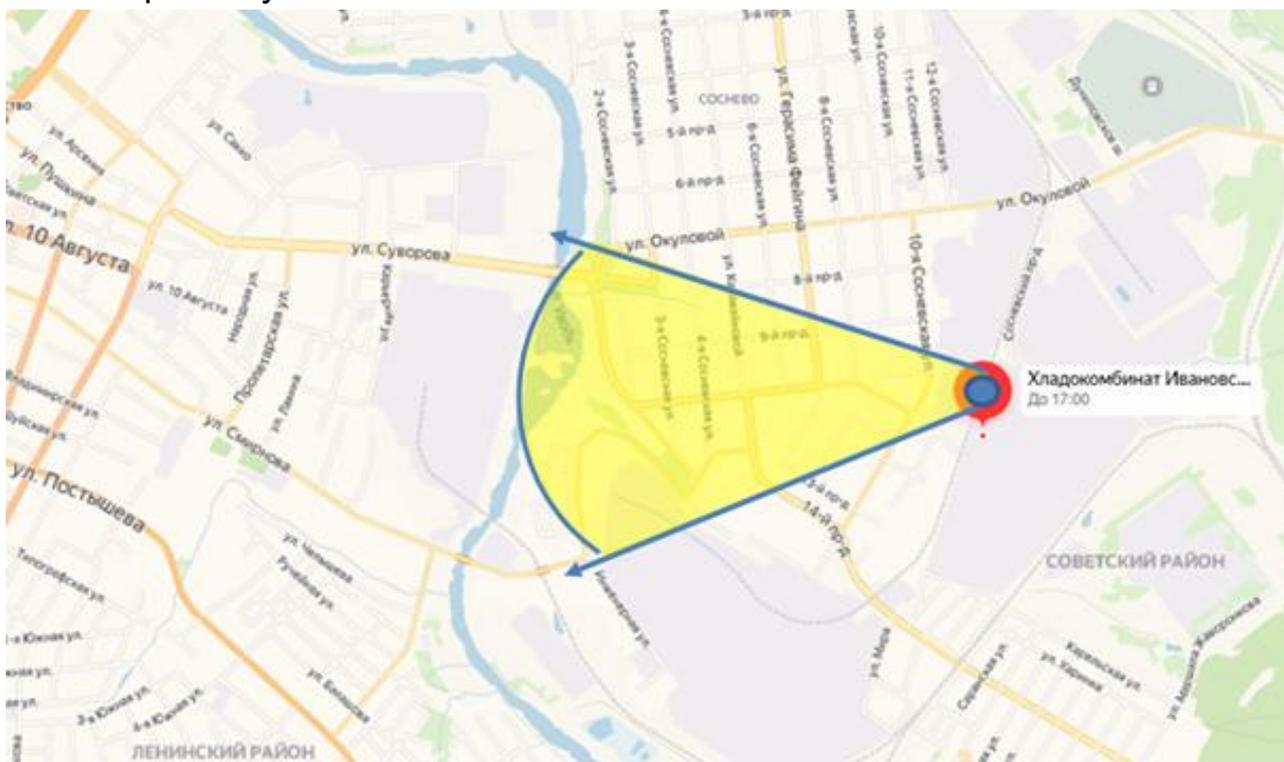


Рисунок 2 - Возможная химическая обстановка при выбросе аммиака на ЗАО «Хладокомбинат Ивановский»

Направление ветра выбиралось в сторону наихудшего сценария развития чрезвычайной ситуации.

Таким образом, аммиак является наиболее потенциально опасным веществом на территории г. Иванова и Ивановской области, которое может привести к значительным потерям среди населения, нанесению ущерба окружающей среде, жизнедеятельности населения, а также материальному ущербу. Поэтому необходимо совершенствовать превентивные и надзорно-профилактические мероприятия на опасных объектах. Что, в свою очередь, определено рядом нормативно-правовых актов: Федеральным законом от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и Федеральным

законом от 27.07.2010 № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте».

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 22.9.05-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей. Общие технические требования (принят в качестве межгосударственного стандарта ГОСТ 22.9.05-97).

2. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 22.1.10-2002 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг химически опасных объектов. Общие требования» (принят постановлением Госстандарта РФ от 25 октября 2002 г. № 394-ст).

3. Данилов П.В., Жиганов К.В., Пронина А.В., Дашевский А.Р., Вивчарь И.С., Сергеенко И.С., Боровков Д.М., Долгатов К.У. Рекомендации по обеспечению безопасности персонала химически опасного объекта и населения при возникновении ЧС // «Молодой ученый». Изд. Молодой ученый. Казань. №9 (143) – 2017 с. 59-62.

4. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».

Прогнозирование экологических последствий возможных аварий

Н.А. Кропотова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

За последние десятилетия, несмотря на ежегодное снижение количества пожаров, проблема прогнозирования пожарной и техносферной опасности вышла на новый уровень, затрагивающий не только национальные интересы, но и международные. Все это в полной мере относится к промышленным холдингам добычи, переработки, хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов. Особое внимание отнесено к нефтебазам.

Важнейшей проблемой с точки зрения экологии в нефтяной промышленности является улучшение экологических характеристик основных видов топлива. Поскольку загрязнение техносферы продуктами сгорания топлива и промышленными выбросами стало настоящим бедствием, требующим конкретных разрешительных и предупредительных мер. Деятели науки и инженеры в свою очередь, видят решение в освоении новых технологий, позволяющих получать топливо с минимальным содержанием серы, ароматических углеводородов и других нежелательных компонентов, в качестве присадок.

По данным исследований, при входе в XXI век, температура на поверхности планеты Земля повысилась на 0,65 °С, по прогнозам уже к 2050 году жизнедеятельность земной цивилизации может привести к повышению температуры еще на 1,5 – 2°С, при условии если ничего глобального не произойдет в плане технического прорыва: квантовая энергия, энергия деления ядер и атомов. Это неизбежно ведет к отступлению ледников, таянию вечных снегов, повышению температуры морей. За изменениями в атмосфере и гидросфере, последуют изменения в биосфере, стратосфере, литосфере. Усиление засухи неизбежно приведет к росту пожароопасной обстановки, росту пожаров, а это в свою очередь приведет к возникновению благоприятной возможности для широкого распространения серьезных инфекционных заболеваний. Причем следует отметить и способность многих вирусов и инфекций к мутации, поскольку подстраиваются и адаптируются

не только люди, но и другие представители царств живой природы. Единственной возможностью предотвращения грозящей катастрофы станет изменение энергетической структуры цивилизации и в первую очередь минимизация парникового эффекта путем резкого снижения выбросов в атмосферу газов, способствующих этому процессу.

Сегодня до 22% всех выбросов углекислого газа, более 50% кислотности атмосферы и до 80% смога образуются за счет эмиссии вредных выделений при эксплуатации транспортных средств, работающих на нефтепродуктах и при авариях, сопровождающихся горением нефти и их нефтепродуктов.

Существуют множество предложений по разрешению возникшей проблемы, но нами приводятся возможные два подхода, позволяющих изменить ситуацию к лучшему. Первый из них связан с ограничением промышленного производства и соответствующим снижением нагрузки на природу. Другой подход связан с интенсивным развитием промышленного производства, осуществляемым с учетом жестких требований к всеобъемлющему комплексу природоохранных мероприятий.

Первый из указанных подходов неприемлем по экономическим соображениям, т. к. замораживание роста производства на сегодняшнем уровне развития означает резкое снижение благосостояния общества. Очевидно, что перспективной является модель развития, сочетающая повышение эффективности производства с природоохранными и природозащитными мероприятиями.

Количество пожаров, возникающих в резервуарах с ЛВЖ И ГЖ, сравнительно невелико и составляет менее 15% от вероятных пожаров на объектах нефтехимии. Но по своей сложности представляют опасность для коммуникаций, смежных сооружений, для участников тушения, а также приносят огромный вред окружающей среде.

Повышенная пожарная опасность резервуарных парков обуславливается тем, что на сравнительно небольших площадях сконцентрировано большое количество емкостей со значительными запасами легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Пожарная опасность здесь усугубляется еще и тем, что над зеркалом жидкости в воздушном пространстве, как правило, образуются взрывоопасные концентрации паров этой жидкости. Выброс значительных количеств горючих паров в атмосферу (особенно при эксплуатации резервуаров со стационарной крышей) в период заполнения резервуаров приводит

к образованию больших по объему зон взрывоопасных концентраций паров в резервуарных парках. Разбавление богатых концентраций внутри резервуаров воздухом при проведении операций опорожнения также сопровождается образованием взрывоопасных концентраций, но уже в самом резервуаре.

Нарушение технологических процессов производства, несоблюдение правил эксплуатации оборудования и правил пожарной безопасности приводит к пожарам и взрывам в резервуарных парках, на сливо-наливных устройствах и насосных станциях. Любой хозяйствующий субъект в своей деятельности сталкивается с такими явлениями, и, следовательно, с риском.

Риск является объективным явлением в деятельности предприятия, т.е. сопровождает всё и все направления его деятельности. Несмотря на то, что ряд параметров риска зависит от субъективных управленческих решений, объективная природа его проявления остаётся неизменной.

Она проявляется в том, что рисковое событие может произойти, а может и не произойти в процессе осуществления хозяйственной деятельности предприятия. Степень этой вероятности определяется действием и объективных, и субъективных факторов, однако вероятностная природа риска является постоянной его характеристикой.

Хотя последствия проявления риска могут характеризоваться как негативными, так и позитивными показателями результативности деятельности предприятия, риск в хозяйственной практике характеризуется и измеряется уровнем возможных неблагоприятных последствий. Это связано с тем, что ряд последствий риска определяет потерю не только дохода, но и капитала предприятия, что приводит его к банкротству (т.е. к необратимым негативным последствиям для его деятельности). Например, после крупного пожара, далеко не все предприятия, имеют возможность восстановиться в прежнем виде.

Уровень риска, характерный для той или иной ситуации или для определённого направления деятельности предприятия, не является неизменным. Он изменяется во времени (зависит от продолжительности осуществления операции, так как фактор времени оказывает самостоятельное воздействие на уровень риска, проявляемое через уровень ликвидности вкладываемых финансовых средств и под воздействием других объективных и субъективных факторов, которые находятся в постоянной динамике.

Несмотря на то, что риск как экономическое явление имеет объективную природу, его оценочный показатель - уровень риска - носит субъективный характер. Эта субъективность (неравнозначность оценки данного объективного явления) определяется различным уровнем полноты и достоверности информационной базы, квалификации сотрудников, их опыта в сфере риск-менеджмента, новыми конструктивными решениями резервуаров, профилактическими и природоохранными мероприятиями, другими факторами.

Совершенствование конструктивных форм резервуаров ведется научно-исследовательскими институтами и проектно-конструкторскими организациями совместно с заводами-изготовителями металлоконструкций и резервуарного оборудования в строгом соответствии с действующими нормами и правилами, надзор за соблюдением которых непрерывно осуществляют органы пожарного надзора. С каждым годом к резервуарным паркам для хранения нефтепродуктов предъявляются все более высокие требования. Эти требования направлены также на создание новых резервуаров.

В связи с этим, все вновь проектируемые, строящиеся и реконструируемые резервуары должны обладать повышенной герметичностью, чтобы максимально снизить промышленные выделения опасных углеводородных газов в атмосферу и загрязнения окружающей среды и сохранить ценные углеводороды, уменьшить потери от испарения, утечки и разлива при приеме, хранении и отпуске нефтепродуктов, а также значительно уменьшить пожаровзрывоопасность процесса их хранения. Проекты, создаваемые на основе новых научных исследований и разработок, позволяют добиться оптимальных способов хранения нефтепродуктов при наименьших материальных затратах и трудоемкости в период монтажа и эксплуатации, повысить надежность работы резервуаров и пожарную безопасность при эксплуатации.

Однако, один из основных выводов по состоянию проблемы обеспечения пожарной безопасности применительно к резервуарам малого и среднего объемов заключается в том, что содержащиеся в нормах проектирования и правилах эксплуатации резервуаров с нефтепродуктами требования пожарной безопасности выработаны на основе практического опыта и результатов научно-исследовательских работ, преимущественно как требования против отдельных опасных явлений пожара без всесторонней увязки и развития пожара в целом,

в зависимости от конкретной обстановки. Возможно, что именно по этой причине комплекс нормативных мер пожарной безопасности нередко оказывается избыточным или недостаточным, т.е. не соответствует реальной пожарной опасности. Вскрыть и устранить причины такого несоответствия можно при комплексном подходе к исследованию и оценке пожарной опасности. Совсем логично, что затраты на предотвращение пожара несоизмеримо меньше в сравнении с ущербом, который может быть им причинен.

Таким образом, факты свидетельствуют о том, что проблема противопожарной защиты данных объектов требует дальнейшего изучения и является актуальной.

Список использованных источников

1. Леушин Е.Н., Кропотова Н.А. Разработка робототехнического комплекса и системы для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров и взрывов на водных объектах. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 2018. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. - С. 355 – 357.

2. Хакимов Р.Р., Кропотова Н.А. Ликвидация аварий на химически-опасных объектах «РОСКОСМОС». // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 2019. - Железногорск. ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 752 -755.

Обеспечение техногенной безопасности и защищенности населения как превентивная экологическая деятельность

Н.Г. Горячева

ФГБОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

Липецкая область расположена в центральной части Европейской территории России и является одним из самых развитых промышленных центров центрального федерального округа. На территории области находится 42 химически опасных объекта (ХОО). В областном центре в городе Липецк кроме 6 ХОО работает Новолипецкий металлургический комбинат (НЛМК), завод «Липецкий трактор», силикатный, цементный и другие заводы.

В процессе производства они используют или в них образуются аварийно-химические опасные вещества (АХОВ), такие как аммиак, бензол, толуол, соляная кислота, серная кислота, сольвент и др.

Крупные емкости с жидким аммиаком находятся на хладокомбинате. Аварии с АХОВ возможны при перевозке их железнодорожным и автомобильным транспортом. При проливе или выбросе в окружающую среду АХОВ отравляют воздух, почву, воду и способны вызвать массовые поражения людей непосредственно на объекте и за его пределами.

На территории города находится в эксплуатации большое количество пожаровзрывоопасных объектов (наиболее опасны АЗС, хранилища ГСМ и природного газа). На территории войсковых частей имеются склады взрывчатых веществ.

Липецкий промышленный узел характеризуется сложной экологической обстановкой. Влияние воздушных выбросов промышленных предприятий и автотранспорта на чистоту атмосферного воздуха города Липецк, в котором проживает около 509 тыс. человек, значительно. Причинами столь большого влияния являются расположение промышленных объектов непосредственно в черте города и значительные объемы годовых выбросов, которые в 2017 году составили около 53 416 т [1]. Наибольший вклад в выбросы среди идентифицированных специфических загрязняющих веществ дают сажа, аммиак, сероводород, ксилол, толуол.

Совокупные выбросы предприятий, расположенных в левобережной части города, и транспорта приводят к загрязнению атмосферного воздуха, особенно в районах, прилегающих к промышленным площадкам, с концентрациями химических веществ, которые нередко превышают допустимые санитарные нормы.

Липецк расположен в зоне умеренного загрязнения окружающей среды, что объясняется хорошей самоочищающейся способностью атмосферы. Положительное влияние на рассеивающую способность атмосферы оказывают подстилающая поверхность, климатические характеристики, неоднородность рельефа, наличие водохранилища и реки, отделяющей основную часть города от НЛМК. При таком расположении промышленного узла определяющим фактором в самоочищении атмосферы является направление ветра.

Среднегодовая роза ветров города имеет круговую конфигурацию и обеспечивает хорошую продуваемость городской территории по всем направлениям [2]. Только 50 % выбросов предприятий, расположенных на окраинах города, фактически направлены на город.

Нахождение промышленных предприятий в черте города с плотностью населения 1543 чел/км² обуславливает необходимость обеспечения безопасности жизнедеятельности населения.

Требования законодательства обязывают органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления оперативно и достоверно информировать население о техногенных авариях с помощью специализированных технических средств, средств массовой информации и иных каналов. Однако оповещение граждан по телевизионной сети, посредством SMS-сообщений в ночное время невозможно. Также затруднительно применение региональной автоматизированной системы централизованного оповещения (РАСЦО) для информирования граждан о происшествиях, не связанных с непосредственной угрозой их жизни и здоровья. Особенно, если должны быть оповещены жители части микрорайона, группы домов и т.д. Для решения вопросов оповещения и информирования населения необходим избирательный подход с возможностью задействования необходимых систем, исходя из складывающейся обстановки.

В субъектах РФ реализуется концепция комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения. Комплексная система создается на базе существующих сетей связи и требует

минимальных затрат на её развёртывание и дальнейшую эксплуатацию. Информирование и оповещение населения посредством комплексной системы осуществляется несколькими способами:

1. Посредством домофона, установленного в подъезде жилого дома. При открытии двери подъезда при необходимости через громкоговоритель домофона воспроизводится речевое сообщение, например: «Внимание жильцов дома. Вследствие аварии на коммунальных сетях произошло отключение горячего водоснабжения. Ориентировочное время ликвидации аварии – 17.00 12 февраля».

2. Посредством домофонов, установленных в квартирах. В трубках домофона, находящихся в квартирах жильцов, звучит звонок, инициированный комплексной системой, далее воспроизводится звуковое экстренное сообщение.

3. Комплексной системой предусмотрено информирование жителей посредством громкоговорителей, установленных в лифте.

4. При возникновении ЧС оповещение населения также одновременно осуществляется традиционным способом посредством РАСЦО с включением сигнала «Внимание всем» или доведения речевой информации.

Организация такого оповещения и информирования населения несколькими способами до 90 % людей, находящихся в зоне ЧС, будут гарантированно оповещены. Одной из возможностей комплексной системы является вызов экстренных оперативных служб по единому номеру «112» при помощи домофона. При наборе на панели домофона определённой комбинации «112#» абонент будет автоматически соединён с оператором службы спасения. При этом обеспечен визуальный контроль звонка, что позволяет в разы сократить число ложных вызовов.

Видеозапись разговора хранится в видеоархиве на сервере до месяца. Домофоны, подключённые к комплексной системе, специально обозначены и видны в тёмное время суток. Любой житель также имеет возможность вызвать оперативные службы из своей квартиры. Нажав и удерживая кнопку открытия двери на трубке домофона в течение 4 секунд, гражданин будет соединён со службой спасения «112». При этом система позволяет диспетчеру службы спасения «112» определить в автоматическом режиме, из какой квартиры сделан вызов.

Одним из направлений комплексной системы является создание сети уличных видеокамер, с организацией записи и хранения видеoinформации. Системой предусмотрена интеграция уже установленных камер, эксплуатируемых как силовыми структурами Липецкой области, так и предприятиями, и организациями на территории города Липецк.

Развертывание комплексной системы полностью соответствует концепции построения аппаратно-программного комплекса (АПК) «Безопасный город». На территории области осуществляется интеграция в АПК «Безопасный город» уже функционирующих информационных систем в сфере обеспечения комплексной безопасности и систем, обеспечивающих прогнозирование, мониторинг, предупреждение и ликвидацию возможных угроз, контроль устранения последствий ЧС и происшествий. Особенностью комплексной системы является то, что она может быть развёрнута не только в строящемся жилье, но и в существующем жилом фонде.

Заключение

Создание комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения позволяет максимально приблизить к каждому человеку службы жизнеобеспечения, правоохранительные органы и с минимальными затратами обеспечить выполнение полномочий органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации, органов местного самоуправления по оповещению населения, и обеспечению его безопасности жизнедеятельности.

Список использованных источников

1. Липецкий статистический ежегодник, 2018 г. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Липецкой области. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://lipstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/lipstat/ru/publications/official_publications/electronic_versions/ (дата обращения: 20.03.2019).

2. Строительные расчеты и калькуляторы онлайн. Построение розы ветров для городов России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://stroydocs.com/info/e_veter (дата обращения: 20.03.2019).

Математическая модель несимметричного прогрева ограждающих конструкций в условиях пожара

А.А. Кузьмин, Д.А. Крылов, Т.А. Кузьмина

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Прогнозирование поведения ограждающих конструкций в условиях несимметричного прогрева в условиях пожара возможно на основе математической модели нестационарных тепловых процессов. Однако решение поставленных задач в дифференциальном виде не дает требуемой точности [4].

В этом случае требуется знать характеристики, получить которые можно математическим моделированием процессов переноса тепла через ограждения зданий и сооружений решением дифференциальных уравнения в частных производных.

В нашем случае необходимо решение уравнения теплопроводности третьего рода. При этом задают температуры сред и коэффициенты теплоотдачи [2, 5].

По условию при пожаре в помещении плоская стена подвергается тепловому воздействию от продуктов горения. С внешней стороны находится в другой охлаждающей газовой среде (рис. 1). Очевидно, что температура воздуха меньше температуры внутри помещения.

Процесс передачи тепла будет характеризоваться коэффициентами теплоотдачи α_1 и α_2 [2, 5].

Для одномерного нестационарного температурного поля в слое $0 < x < \delta$ после начала пожара при $\tau > 0$ температурное поле ограждающей конструкции описывается дифференциальным уравнением

$$c \cdot \rho \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} \right]. \quad (1)$$

Для решения этого уравнения необходимо задать:

– начальное условие $0 \leq x \leq \delta$ и до начала пожара, т.е. при $\tau = 0$

$$T(x, 0) = f(x), \quad (2)$$

– граничное условие при $x=0$:

$$\lambda \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial x} + \alpha_1 \cdot [T_1 - T(0, \tau)] = 0, \quad (3)$$

– граничное условие при $x=\delta$:

$$\lambda \frac{\partial T(\delta, \tau)}{\partial x} + \alpha_2 \cdot [T(\delta, \tau) - T_2] = 0. \quad (4)$$

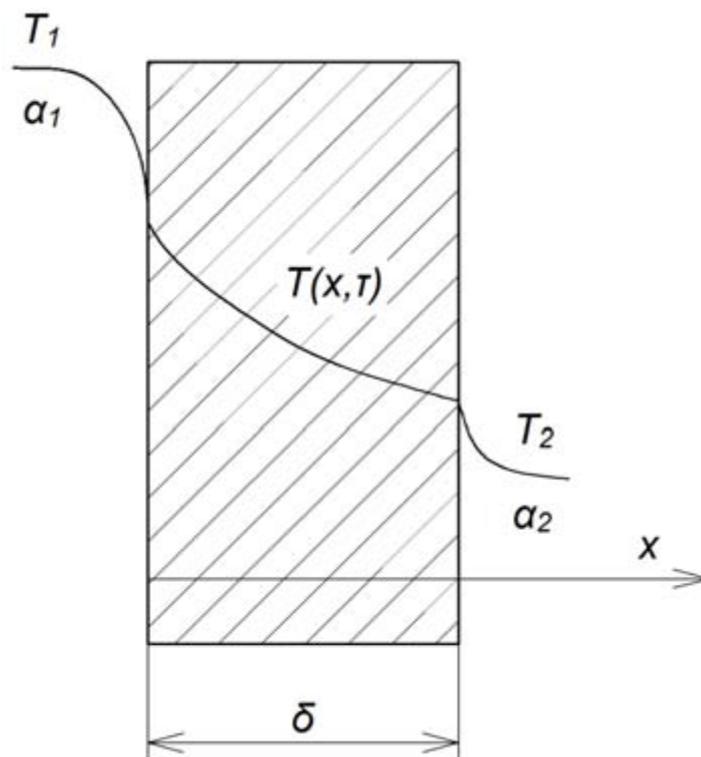


Рисунок 1 - Несимметричный прогрев плоской стенки: δ – толщина конструкции, T_1 – температура продуктов горения, T_2 – температура наружного воздуха

Для решения дифференциального уравнения с несимметричными граничными условиями в [2, 5, 6] применяется принцип суперпозиции, в соответствии с которым решение представляет собой сумму решения стационарной задачи для функции $V(x)$ с заданными граничными условиями и нестационарной задачи для функции $W(x, \tau)$ с нулевыми граничными условиями:

$$T(x, \tau) = V(x) + W(x, \tau). \quad (5)$$

Функцией $V(x)$ описывается установившийся стационарный режим, а функцией $W(x, \tau)$ – переходный тепловой процесс, по завершении которого значение функции $W(x, \tau)$ устремляется к нулю.

Если предположить однородность физических свойств обогревающей среды (что представляется справедливым для продуктов горения в условиях пожара) нестационарное температурное поле в слое ограждающей конструкции для области $0 < x < \delta$ при $\tau > 0$ описывается уравнением

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (6)$$

где a – коэффициент температуропроводности материала ограждающей конструкции.

Функция $V(x)$ является решением уравнения

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = 0. \quad (7)$$

Из уравнения 3 при граничных условиях, соответствующих $x = 0$

$$\lambda \frac{\partial V(0)}{\partial x} + \alpha_1 \cdot [T_1 - V(0)] = 0, \quad (8)$$

а при соответствующих $x = \delta$

$$\lambda \frac{\partial V(\delta)}{\partial x} + \alpha_{21} \cdot [V(\delta) - T_2] = 0. \quad (9)$$

Функция $V(x)$, описывающая стационарную составляющую режима носит линейный характер:

$$V(x) = A - B \cdot x. \quad (10)$$

Решение такого уравнения позволяет рассчитать тепловое поле в ограждающей конструкции при наступлении установившегося режима. В уравнении (10) температура на наружной поверхности ограждающей конструкции выражается коэффициентом A , уравнение (11):

$$A = \frac{\left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} \right) \cdot T_1 + \frac{T_2}{\alpha_1}}{R}, \quad (11)$$

где $R = 1/\alpha_1 + 1/\alpha_2 + \delta/\lambda$ – тепловое сопротивление ограждающей конструкции при стационарном режиме.

Градиент температуры в объеме тела выражен коэффициентом B , уравнение (12):

$$B = \frac{\alpha_1}{\lambda} \cdot (T_1 - A). \quad (12)$$

Если предположить, что в начале теплового переходного процесса в ограждающей конструкции устанавливается температура продуктов горения, равная $T_{1нач}$ и температура охлаждающего воздуха остается равной $T_{2нач}$, то для определения значений коэффициентов $A_{нач}$ и $B_{нач}$ предлагается использовать выражения:

$$T_{нач} = A_{нач} - B_{нач} \cdot x, \quad (13)$$

$$A_{нач} = \frac{\left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}\right) \cdot T_{1нач} + \frac{T_{2нач}}{\alpha_1}}{R}, \quad (14)$$

$$B_{нач} = \frac{\alpha_1}{\lambda} \cdot (T_{1нач} - A_{нач}). \quad (15)$$

По мере развития пожара растет температура пограничного слоя охлаждающей среды вплоть до наступления переходного процесса, окончание которого характеризуется линейным распределением температуры в теле ограждающей конструкции:

$$T_{кон} = A_{кон} - B_{кон} \cdot x, \quad (16)$$

$$A_{кон} = \frac{\left(\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}\right) \cdot T_{1кон} + \frac{T_{2кон}}{\alpha_1}}{R}, \quad (17)$$

$$B_{кон} = \frac{\alpha_1}{\lambda} \cdot (T_{1кон} - A_{кон}). \quad (18)$$

Развитие пожара приводит к изменению условий теплообмена между продуктами горения и обогреваемой поверхностью ограждающей конструкции, а так же не обогреваемой поверхностью и охлаждающей средой, при этом одно установившееся состояние переходит в другое. Следует отметить, что если на начальной стадии пожара охлаждающей средой является наружный воздух, то при определенных обстоятельствах таковой становится смесь воздуха и продуктов горения, которые могут перемещаться из зоны горения. В этом случае для описания теплового переходного процесса можно использовать функцию $W(x, \tau)$, которая определяется при решении дифференциального уравнения:

$$\frac{\partial W(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 W(x, \tau)}{\partial x^2}. \quad (19)$$

Для решения этого уравнения необходимо определить:

– начальные условия $0 \leq x \leq \delta$ и $\tau = 0$

$$W(x, 0) = f(x) - V(x); \quad (20)$$

– граничные условия при $x=0$

$$\lambda \frac{\partial W(0, \tau)}{\partial x} + \alpha_1 \cdot W(0, \tau) = 0; \quad (21)$$

– граничные условия при $x=\delta$

$$\lambda \frac{\partial W(\delta, \tau)}{\partial x} + \alpha_2 \cdot W(\delta, \tau) = 0. \quad (22)$$

Сформулированные в (21) и (22) граничные условия могут быть выполнены, если функция $W(x, \tau)$ приобретает вид

$$W(x, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cdot \left[\cos(\mu_n \cdot x) + \frac{\alpha_1}{\mu_n \cdot \lambda} \sin(\mu_n \cdot x) \right] \cdot \exp(-a \cdot \mu_n^2 \cdot \tau), \quad (23)$$

где μ_n – корни характеристического уравнения (24):

$$\operatorname{tg}(\mu \cdot \delta) = \frac{\mu \cdot \delta \cdot \left(1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1}\right) \cdot Bi_1}{(\mu \cdot \delta)^2 - \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot Bi_1^2}. \quad (24)$$

В характеристическом уравнении (24) $Bi_1 = \alpha_1 \cdot \delta / \lambda$ – величина критерия Био, определяемая для обогреваемой поверхности ограждающей конструкции, а коэффициенты C_n находятся из начальных условий, при этом вид теоретического решения становится бесконечный ряд [2, 5, 6].

$$T(x, \tau) = (A_{\text{кон}} - B_{\text{кон}} \cdot x) + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cdot U_n \cdot \exp(-a \cdot \mu_n^2 \cdot \tau), \quad (25)$$

$$\text{где } U_n = \cos(\mu_n \cdot x) + \frac{\alpha_1}{\mu_n \cdot \lambda} \sin(\mu_n \cdot x). \quad (26)$$

Реализация начальных условий функции $W(x, 0) = f(x) - V(x)$ теоретически возможна представлением ряда (25), при этом несимметричные граничные условия третьего рода делает затруднительным использование метода разделения переменных Фурье, а так же иных аналитических методов [1]. Полученное в виде бесконечного ряда решение плохо сходится для начального периода времени, что может быть объяснено разложением в ряд Фурье неразрывных функций, что обусловлено реализацией

Применительно к переходному процессу временных изменений теплосодержания ограждающей конструкции необходимо определить значение ее среднеинтегральной температуры [2]:

$$T_{sr} = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} T(x, \tau) dx = A_{кон} - \frac{B_{кон} \delta}{2} + \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} \sum_{n=1}^m C_n U_n \exp(-a \mu_n^2 \tau) dx. \quad (31)$$

При использовании математической системы Mathcad по формулам (25) найдено распределение температуры в ограждающей конструкции толщиной 30 см, выполненной из бетона на гранитном щебне. Результат в графической форме представлен на рис. 2.

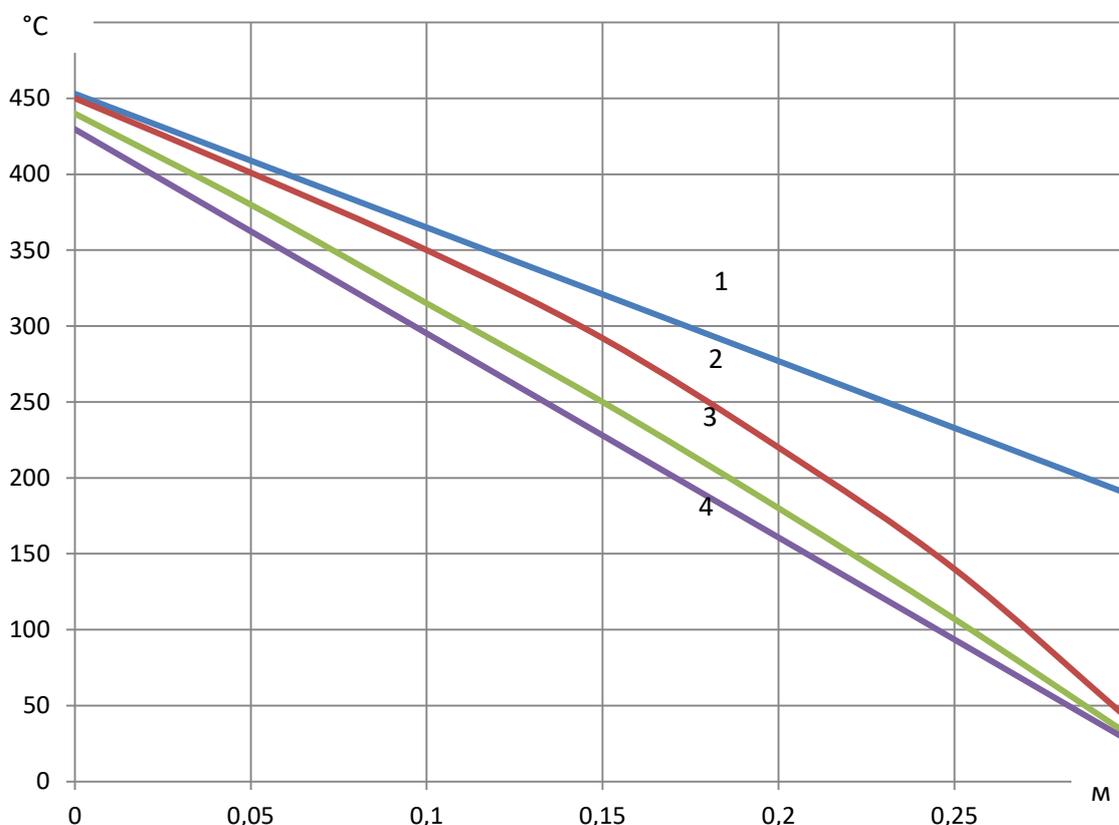


Рисунок 2 - Температурное поле в ограждающей конструкции при нагреве: 1 – стационарное поле после пожара; 2 – через 12 часов после начала пожара; 3 – через 4 часа после начала пожара; 4 – стационарное поле до пожара

На протяжении всего времени прогрева ограждающей конструкции на пожаре изменяются температуры обогреваемой и охлаждаемой поверхностей, вследствие чего плотности теплового потока от продуктов горения к обогреваемой поверхности $q_v = \alpha_1 \cdot [T_1 - T(0, \tau)]$ и от охлаждаемой

поверхности к охлаждающей среде $q_n = \alpha_2 \cdot [T(\delta, \tau) - T_2]$ также изменяются во времени, причем до момента завершения переходного процесса величины тепловых потоков могут существенно различаться и уравниваются только по завершению переходного процесса.

Результат вычисления плотности тепловых потоков, через поверхность ограждающей конструкции на пожаре, в графической форме представлен на рис. 3.

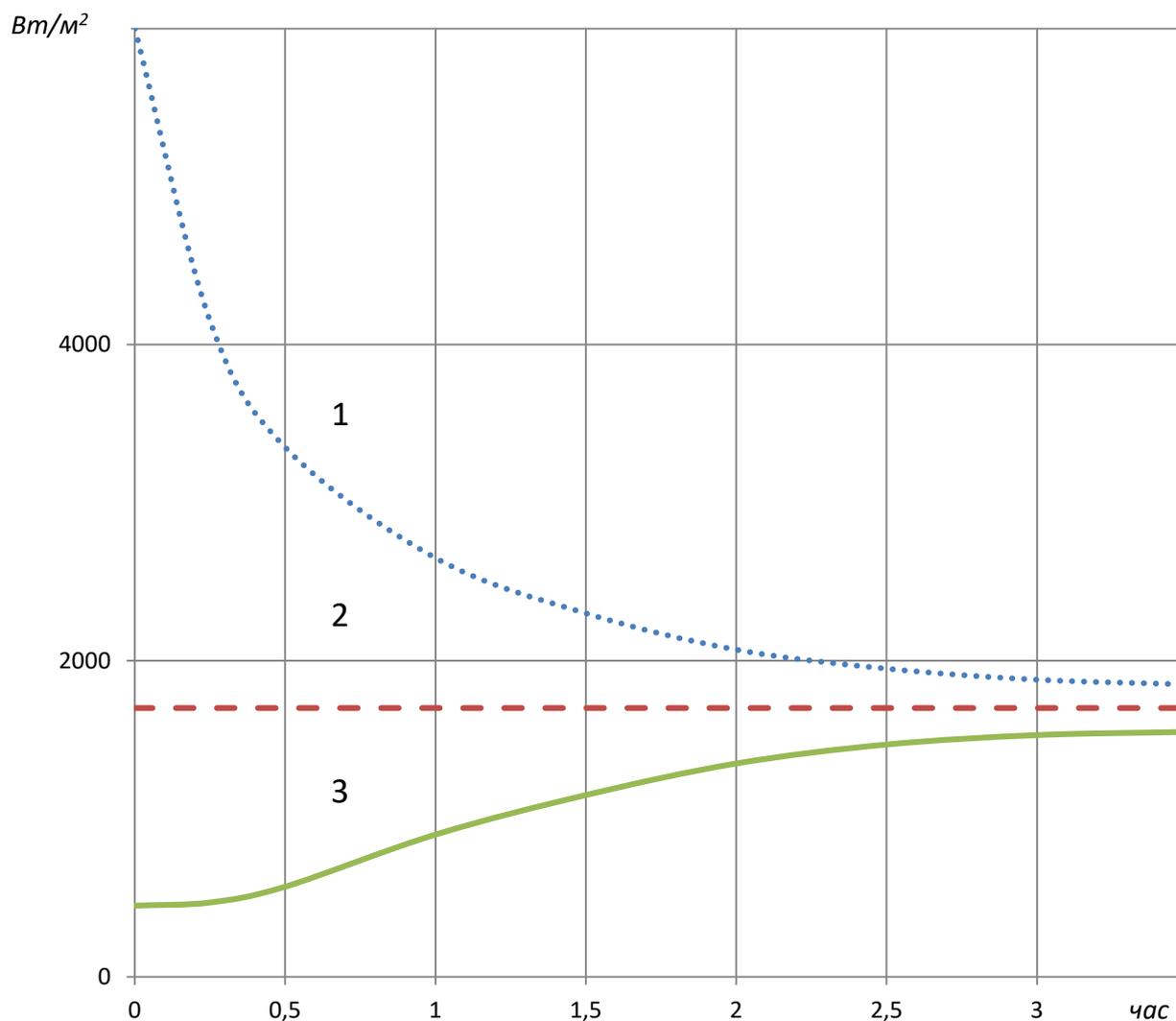


Рисунок 3 - Временная зависимость плотности тепловых потоков через обогреваемую поверхность ограждающей конструкции (1), охлаждаемую поверхность (3) и при установившемся режиме (2) Вт/м²

Выводы

Использование предложенной модели нестационарных тепловых процессов при несимметричном прогреве ограждающих конструкций в условиях пожара позволило решить дифференциальное уравнение в частных производных и получить временные зависимости плотности тепловых потоков и распределения температуры по объему ограждающей конструкции при изменении температуры продуктов горения. Проведенное исследование позволило сделать вывод, что ограждающая конструкция в условиях длительного пожара является объектом с распределенными параметрами.

Список использованных источников

1. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров. – М.: Наука, 1967. – 778 с.
2. Кузьмин М.П. Электрическое моделирование нестационарных процессов теплообмена. – М.: Энергия, 1974. – 416 с.
3. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. – М.: Наука, 1970. – 512 с.
4. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю., Нагорная А.Н. К теории математического моделирования теплового режима зданий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Челябинск: – 2006. – № 14. – С. 128–133.
5. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных процессов теплопередачи // Региональная энергетика: проблемы и решения: сб. науч. тр. Вып.9. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. —2013. – С. 128–144.
6. Тарасов В.А. Нестационарные тепловые процессы в печах периодического действия и повышение энергоэффективности работы печей // Региональная энергетика и электротехника: проблемы и решения: сб. науч. тр. Вып. 5. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. – 2009. – С. 95–102.

Проблемные вопросы доведения до населения информации, полученной при мониторинге и прогнозировании опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций с применением технологии сетей цифрового телерадиовещания

Г.Н. Романов, В.П. Малыш

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Одним из приоритетных направлений системы и мер по развитию защиты населения и территорий, обеспечению пожарной безопасности в субъектах Российской Федерации является совершенствование системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и природных пожаров, повышение эффективности межведомственного взаимодействия на основе современных технологий управления.

Немаловажным остаётся и доведение до населения полученной, на основе мониторинга опасных природных процессов и явлений, прогнозной информации.

В начале 2019 года на территории Российской Федерации началась реализация уникального, для нашей страны проекта - формирования единого цифрового информационного пространства, сущностью которого является обеспечение доступности для населения территории Российской Федерации 20 обязательных общедоступных телевизионных и трех радиоканалов. Одновременно с этим началось сокращение каналов аналогового вещания, прежде всего, в населенных пунктах с численностью менее 100 тысяч человек.

По итогам реализации проекта, доля населения Российской Федерации, имеющего возможность приёма обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, составит 100%. Из них 98,4% жителей России уже получили доступ к цифровому эфирному телевидению. 1,6% жителей, не охваченных цифровым эфирным телевидением, будут обеспечены бесплатным пакетом из 20 обязательных общедоступных телеканалов с помощью непосредственного спутникового телевидения (НСТВ).

Актуальность настоящего исследования обусловлена тем, что с одной стороны, завершается переход всего населения Российской Федерации на цифровое эфирное телевидение (к концу 2019 года он должен быть завершён), а с другой стороны - отсутствием нормативно-

правовой базы, позволяющей беспрепятственно и оперативно обеспечивать передачу в эфир сигналов оповещения и (или) экстренной информации об опасностях, по сетям цифрового эфирного вещания, полученной на основе мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций И это противоречие нарастает.

Негативным примером отсутствия оперативности в оповещении населения на основе полученной в результате мониторинга и прогнозирования информации об опасных природных явлениях можно считать чрезвычайную ситуацию, произошедшую на территории Республики Хакасия в апреле 2015 года, когда в результате сильного ветра с порывами более 25 м/с и переходом палов растительности на населенные пункты произошло возгорание жилых домов и социальных объектов в 38 населенных пунктах. Огнем было уничтожено 1414 домовладений (1100 жилых домов) и 11 социальных объектов, погибло 32 человека, 150 человек получили вред здоровью, нарушены условия жизнедеятельности около 6000 человек.



Рисунок 1 – Чрезвычайная ситуация, обусловленная переходом палов растительности на населенные пункты Республики Хакасия в апреле 2015 года.

В современных условиях мониторинг и прогнозирования возможных опасностей, оперативное и своевременное информирование и оповещение населения о возможных опасностях способно предупредить возникновение чрезвычайных ситуаций (происшествий), позволить своевременно организовать комплекс мероприятий по недопущению развития последствий или снижению ущерба от возможных чрезвычайных ситуаций.

Принимая во внимание то количество абонентов, которые подключены в настоящий момент к цифровому телевидению, своевременная информация, в том числе о надвигающихся прогнозируемых опасных природных метеоявлениях, может стать действенной мерой по снижению возможных неблагоприятных последствий и предупреждению возникновения опасных для жизнедеятельности населения ситуаций.

Подготовка конкретных предложений и выводов требует проведения анализа документов и порядка осуществления оповещения населения с использованием сетей цифрового эфирного вещания, а также оценки состояния перехода на цифровое телевидение и его доступности для населения.

Так с 3 июня 2019 года все 10 субъектов Сибирского федерального округа Российской Федерации перешли на цифровое вещание 20 обязательных общедоступных телевизионных и трех радиоканалов.

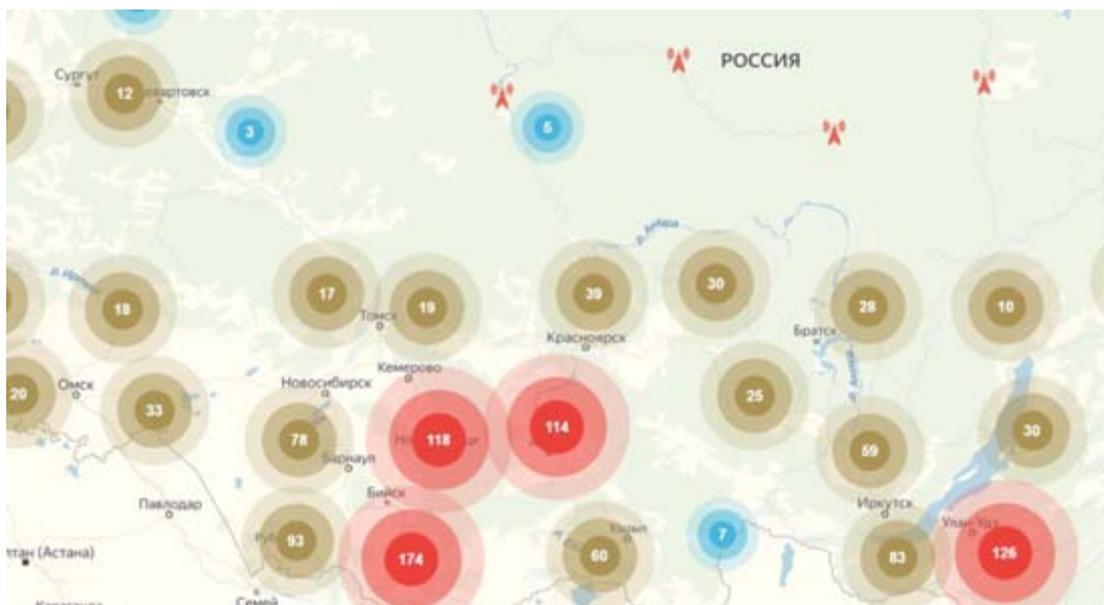


Рисунок 2 – Зона покрытия цифрового эфирного телерадиовещания.

В то же самое время населенные пункты со сложной логистикой, остаются вне зоны охвата цифрового эфирного телерадиовещания. Число таких населенных пунктов составляет порядка 18 тысяч (отметим, что на территории 6 тысяч населенных пунктов никто не проживает, а в оставшихся 10-ти тысячах, проживает порядка 800 тысяч семей).

Законодатель предусмотрел ряд обязанностей операторов обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, оказывающих услуги связи для целей телевизионного вещания и радиовещания, с использованием сетей спутникового телерадиовещания. Так, операторы, не вправе отказать гражданам, проживающим в населенных пунктах, расположенных вне зоны охвата сетью эфирной цифровой наземной трансляции обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, в заключении договора о предоставлении доступа к своей сети связи в целях получения возможности просмотра и прослушивания общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, а также телеканалов, получивших право на осуществление эфирного цифрового наземного вещания с использованием позиций в мультиплексах на всей территории Российской Федерации, без взимания платы за право просмотра и прослушивания таких каналов.[1, ст. 46]

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации достигло договоренности с операторами

непосредственного спутникового телевидения о льготных абонентских условиях для жителей населенных пунктов вне зоны охвата цифрового эфирного телевидения, таким образом предусмотрев доведение сигнала до каждого человека на территории страны. В свою очередь операторы непосредственного спутникового телевидения подтвердили готовность обеспечить этих пользователей абонентским оборудованием по льготным ценам и возможностью просмотра 20 телеканалов без абонентской платы.[2]

На территории Красноярского края, Республики Хакасия и Тыва насчитывается порядка 689 населенных пунктов расположенных вне зоны охвата сетью эфирной цифровой наземной трансляции обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, с указанием для каждого населенного пункта перечня операторов обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов, оказывающих услуги связи для целей телевизионного вещания и радиовещания с использованием сетей спутникового телерадиовещания в таких населенных пунктах. [3]

3 июня 2019 года Красноярский край, республики Хакасия и Тыва отключили аналоговое вещание федеральных телеканалов и полностью перешли на цифровое телевидение, что позволяет доводить информацию, полученную в результате мониторинга и прогнозирования об опасных природных явлениях и возможных чрезвычайных ситуациях, до каждого абонента.

В результате перехода, на территории указанных субъектов, прекратили телевизионную трансляцию свыше 1500 аналоговых передатчиков. Построено более 300 цифровых объектов связи, что позволило обеспечить доступность 20 цифровых эфирных телеканалов более чем для 90 % населения субъектов.

В свою очередь региональные телеканалы и телеканалы, не входящие в состав мультиплексов, продолжают вещание в аналоговом формате для населения, что до сих пор позволяет задействовать и использовать, в целях оповещения и информирования населения о прогнозируемых опасных природных явлениях и чрезвычайных ситуациях, региональную автоматизированную систему централизованного оповещения, без задействования сирен и громкоговорителей, частично оповещая население.

В целях гарантированного и своевременного оповещения населения об опасностях, полученных в результате мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений, с учетом перехода

от аналогового к цифровому вещанию между Правительством субъектов Российской Федерации, в том числе и на территории Красноярского края, республик Хакасия и Тыва, и филиалами федерального государственного унитарного предприятия «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (ФГУП РТРС) по субъектам заключено Соглашение о взаимодействии по обеспечению передачи сигналов оповещения, внесены изменения в законодательные акты субъектов, с учётом перехода на цифровое телевидение.

ФГУП РТРС – естественная монополия в области связи. Предприятие ведет эфирную наземную трансляцию общероссийских обязательных общедоступных теле- и радиоканалов во всех субъектах Российской Федерации. В его состав входят 78 филиалов: республиканских, краевых и областных радиотелепередающих центров (РТПЦ). [4]

Рассматривая, в качестве примера Республику Хакасию, видим, что правительством были внесены изменения в нормативные документы, регулирующие систему и порядок оповещения и информирования населения об опасностях, учитывая применение возможностей сетей цифрового наземного вещания. [5]

С 03.05.2019 г. оповещение населения Красноярского края, республик Хакасия и Тыва проводится с использованием перехвата цифровых общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и (или) радиоканалов.

Однако в тоже самое время, возникает противоречие - передаваемая в эфир информация, полученная в результате мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций имеет информационный статус типовых текстовых сообщений используемых для оповещения населения, что требует введения режимов «повышенной готовности» и «чрезвычайной ситуации» для её передачи в эфир.

Полномочия по введению соответствующего режима относятся к полномочиям Главы региона (Главе муниципального образования), который в соответствии с получаемой прогнозной информацией принимает соответствующее решение о задействовании системы оповещения и информирования населения.

Для целей исполнения ФГУП РТРС, как оператором цифровой эфирной наземной сети телерадиовещания, требований п. 3 ст. 66 Федерального закона «О связи», Министерством Российской Федерации

по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий (МЧС России), Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации (Минкомсвязи РФ) и вещателями в 2018 году согласованы и утверждены Методические рекомендации по обеспечению передачи в эфир сигналов оповещения и экстренной информации об опасностях по цифровой эфирной наземной сети телерадиовещания (далее – методические рекомендации). [6]

Методические рекомендации устанавливают не предусмотренный действующим законодательством способ обеспечения передачи ФГУП РТРС сигналов оповещения (экстренной информации) путем исполнения полученной от уполномоченного лица заявки о передаче сигнала оповещения населения на территории определенного субъекта о возможной опасности, являясь по своей сути единственным документом, регулирующим отношения оповещения населения по сетям цифрового эфирного телевидения.

Согласно законодательству «оповещение населения о чрезвычайных ситуациях» - это доведение до населения сигналов оповещения и экстренной информации об опасностях, возникающих при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также при ведении военных действий или вследствие этих действий, о правилах поведения населения и необходимости проведения мероприятий по защите, в свою очередь «информирование население о чрезвычайных ситуациях» - это доведение через средства массовой информации и по иным каналам информации о прогнозируемых и возникших чрезвычайных ситуациях, принимаемых мерах по обеспечению безопасности населения и территорий, приемах и способах защиты, а также проведение пропаганды знаний в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, в том числе обеспечение безопасности людей на водных объектах, и обеспечения пожарной безопасности. [7]

Иницируют оповещение и информирование населения Главные управления МЧС России по субъекту Российской Федерации в соответствии с имеющимися данными, полученными в результате мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций с целью предупреждения возникновения возможных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, минимизацией возможных последствий возникновения, а также исключения жертв среди населения.

Рассматривая такой субъект, как Республика Хакасия, можно отметить, что согласно «Соглашению о взаимодействии по обеспечению передачи сигналов оповещения» (далее - Соглашение) от 20.03.2019, заключенного между Управлением по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности Республике Хакасия с одной стороны и филиалом РТРС «РТПЦ Республики Хакасия», целью оповещения и информирования населения, а также самого соглашения является – «передача в эфир сигналов оповещения и (или) экстренной информации об опасностях, возникающих при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций... о правилах поведения населения и необходимости проведения мероприятий по защите», а также пункту 2.2. Соглашения – «сети связи Оператора могут быть задействованы в обеспечении передачи сигналов оповещения только при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (в регионе введен режим повышенной готовности или чрезвычайной ситуации для органов РСЧС), а также при ведении военных действий или вследствие этих действий», где и обнаруживается одна из основных проблем, решение которой стоит перед исследованием – необходимость «введения» режимов «Повышенной готовности» и «Чрезвычайной ситуации» с целью доведения оперативной информации по цифровой эфирной наземной сети телерадиовещания на территории субъекта Российской Федерации, а также муниципальных образований.

В то же время, принятие нормативно правовых актов о введении на территории субъекта режима повышенной готовности или режима чрезвычайной ситуации для функционирования органов управления и сил РСЧС и их отмене занимают определенное время, связанное с их согласованием с органами исполнительной власти субъекта, опубликованием и соответственно потерей всякой оперативности.

Часть субъектов сибирского федерального округа относятся к регионам с резко континентальным климатом, для которого характерны частые резкие изменения температурных значений, сопровождающиеся очень сильными ветрами и осадками, способными нарушить работу жилищно-коммунального хозяйства, объектов энергетики и связи, повредить жилые помещения, увеличить случаи травматизма среди людей и своевременное оповещение населения катастрофически необходимо проводить оперативно, без каких либо задержек или бюрократических проволочек, на основе проведенного мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций.

Общие итоги, проблемы и пути их решения.

В связи с тем, что описанная проблема имеет место не только на территории одного субъекта Российской Федерации, использование информации, полученной в результате мониторинга и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций становятся действенной мерой по снижению возможных негативных факторов, то предлагаются следующие выводы для применения в практической деятельности:

1. В целях повышения оперативности в вопросах информирования и оповещения населения, на основе проведенного мониторинга, моделирования и прогнозируемых опасных природных явлениях и чрезвычайных ситуациях, по цифровой эфирной наземной сети телерадиовещания на территории субъекта Российской Федерации считаем целесообразным передачу сигналов оповещения осуществлять не только при введении на территории субъекта режима повышенной готовности или режима чрезвычайной ситуации, до принятия нормативно правовых актов, регламентирующих порядок оповещения населения о возможных опасностях, МЧС России, Минкомсвязи РФ внести изменения в Методические рекомендации в части дополнения требований передачи сигналов оповещения и экстренной информации об опасностях, в том числе, по решениям Комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности субъектов Российской Федерации.

2. Предлагаем изменить информационный статус типовых текстовых сообщений используемых для оповещения населения на территории субъекта Российской Федерации, составленных на основе мониторинга, моделирования и прогнозирования опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций, утвержденных соответствующим органом по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности субъекта Российской Федерации, добавив их образцы в качестве приложения к соответствующим постановлениям Правительства субъекта Российской Федерации;

3. Проработать вопрос об упрощении порядка введения в регионах Режим повышенной готовности или чрезвычайной ситуации для органов управления и сил РСЧС в случае доведения Главным управлением МЧС России по субъекту РФ информации о прогнозируемых опасных природных явлениях и чрезвычайных ситуациях, принимаемых мерах по обеспечению безопасности населения и территорий, приемах и способах защиты.

Список использованных источников

1. Федеральный закон Российской Федерации от 07.07.2003 № 126-ФЗ «О связи» // «Российская газета», № 135, 10.07.2003.

2. Переход на цифровое вещание [Электронный ресурс]: министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/376/>

3. Приложение к приказу Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 05.03.2019 № 81 «Об утверждении Перечня населенных пунктов, расположенных вне зоны охвата сетью эфирной цифровой наземной трансляции обязательных общедоступных телеканалов и (или) радиоканалов, с указанием для каждого населенного пункта перечня операторов обязательных общедоступных телеканалов и (или) радиоканалов, оказывающих услуги связи для целей телевизионного вещания и (или) радиовещания с использованием сетей спутникового телерадиовещания в таких населенных пунктах» в редакции приказа от 16.07.2019 № 394 «О внесении изменений в приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 05.03.2019 № 81 «Об утверждении Перечня населенных пунктов, расположенных вне зоны охвата сетью эфирной цифровой наземной трансляции обязательных общедоступных телеканалов и (или) радиоканалов, с указанием для каждого населенного пункта перечня операторов обязательных общедоступных телеканалов и (или) радиоканалов, оказывающих услуги связи для целей телевизионного вещания и (или) радиовещания с использованием сетей спутникового телерадиовещания в таких населенных пунктах».

4. Федеральное государственное унитарное предприятие «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» (РТРС) [Электронный ресурс]: МИНКОМСВЯЗЬ России, URL: <https://moscow.rtrs.ru/prof/rtrs-region/about/>

5. Постановление Правительства Республики Хакасия от 18.05.2009 № 184 «О системе и порядке оповещения и информирования населения об опасностях, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера на территории Республики Хакасия» // «Вестник Хакасии», № 93, 17.12.2009.

6. Методические рекомендации «По обеспечению передачи в эфир сигналов оповещения и экстренной информации об опасностях по цифровой эфирной наземной сети телерадиовещания» утверждены Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны,

чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий, Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации и ФГУП РТРС.

7. Указ Президента Российской Федерации от 24.06.2009 года № 715 «Об общероссийских обязательных общедоступных телеканалах и радиоканалах» // «Российская газета», № 114, 25.06.2009.

8. Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» // «Российская газета», № 250, 24.12.1994.

**Крупные дорожно-транспортные аварии и катастрофы
в Российской Федерации за 2014-2018 годы**

***В.В. Зубань, В.Н. Колченов, Е.Н. Малёмина, Т.А. Чечёткина,
М.В. Загуменнова***

*ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России*

Согласно [1] чрезвычайными ситуациями (ЧС) признаются крупные дорожно-транспортные аварии и катастрофы на автомобильном транспорте, перевозящем опасные грузы; повреждение 10 и более автотранспортных единиц; прекращение движения на данном участке на 12 часов вследствие дорожно-транспортного происшествия (ДТП); ДТП с тяжкими последствиями (погибли 5 и более человек или пострадали 10 и более человек).

Данные по ЧС были получены из федеральных округов за период с 2014 по 2018 годы и рассматривались в целом по РФ и по федеральным округам.

Анализ данных по крупным дорожно-транспортным авариям и катастрофам (ДТП) показал, что в 2014 году на долю таких ЧС (87 ед.) приходилось 33,2 % от общего количества ЧС (262 ед.). В 2015 году на долю ДТП (102 ед.) приходилось 39,7 % от общего количества ЧС (257 ед.). В 2016 году долю ДТП (90 ед.) приходилось 30,1 % от общего количества ЧС (299 ед.). В 2017 году на долю ДТП (108 ед.) приходилось 42,0 % от общего количества ЧС (257 ед.). В 2018 году на долю ДТП (95 ед.) приходилось 35,7 % от общего количества ЧС (266 ед.).

Линия тренда, построенная по данным о количестве ДТП за 5 лет, показывает, что в среднем за год количество ДТП увеличивалось более чем на 2 единицы.

Распределение количества ДТП в Российской Федерации по годам представлено на рис.1.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

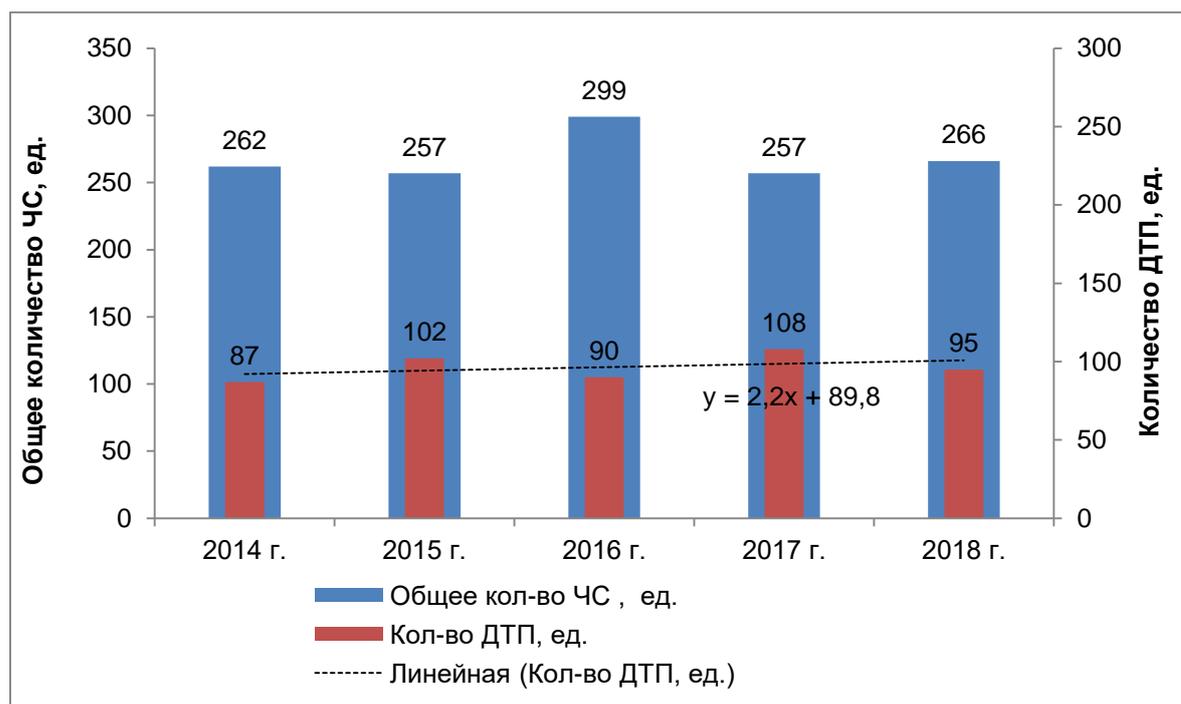


Рисунок 1 - Количество крупных дорожно-транспортных аварий и катастроф по Российской Федерации

Сведения по погибшим при ДТП показали, что в 2014 году на долю погибших при ДТП (381 чел.) приходилось 65,2 % от общего количества погибших при всех ЧС (584 чел.). В 2015 году на долю погибших при ДТП (469 чел.) приходилось 66,8 % от общего количества погибших при всех ЧС (702 чел.). В 2016 году на долю погибших при ДТП (377 чел.) приходилось 47,8 % от общего количества погибших при всех ЧС (788 чел.). В 2017 году на долю погибших при ДТП (423 чел.) приходилось 75,9 % от общего количества погибших при всех ЧС (557 чел.). В 2018 году на долю погибших при ДТП (395 чел.) приходилось 55,1 % от общего количества погибших при всех ЧС (717 чел.).

Линия тренда, построенная по данным о количестве погибших при ДТП за 5 лет, показывает, что в среднем за год количество погибших при ДТП уменьшалось почти на 2 человека.

Распределение количества погибших при ДТП в Российской Федерации по годам представлено на рис.2.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

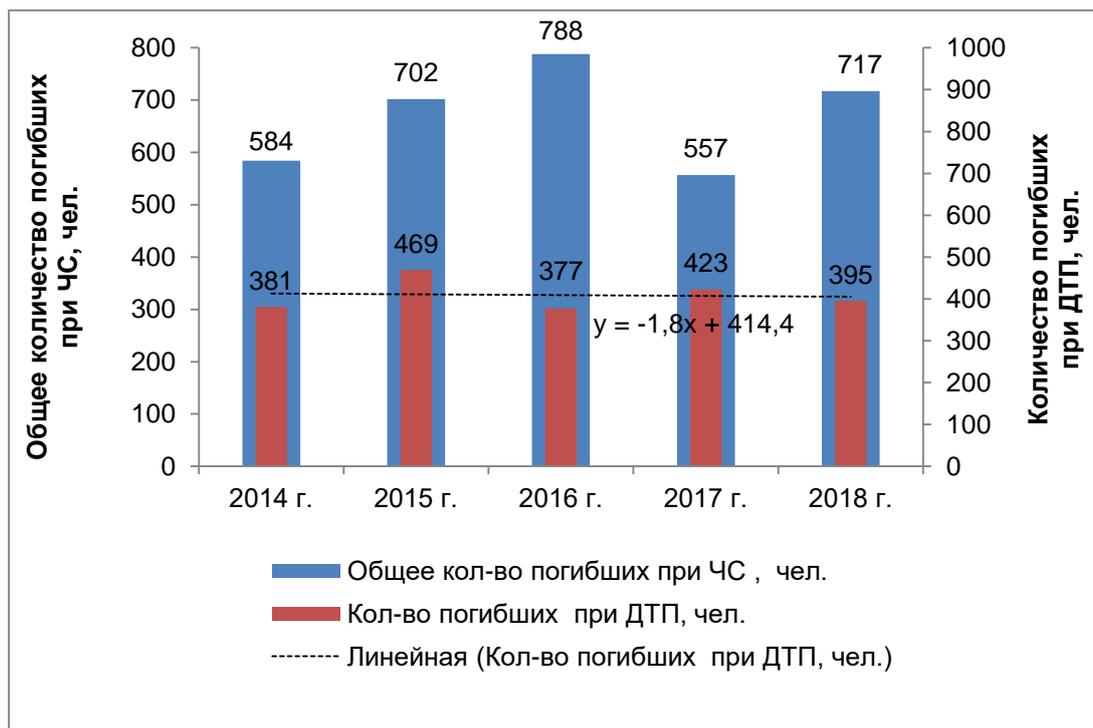


Рисунок 2 - Количество погибших в крупных дорожно-транспортных авариях и катастрофах по Российской Федерации

Данных по пострадавшим при ДТП показали, что в 2014 году на долю пострадавших при ДТП (970 чел.) приходилось 0,7 % от общего количества пострадавших при всех ЧС (135214 чел.). В 2015 году на долю пострадавших при ДТП (1173 чел.) приходилось 5,6 % от общего количества пострадавших при всех ЧС (20821 чел.). В 2016 году на долю пострадавших при ДТП (964 чел.) приходилось 0,8 % от общего количества пострадавших при всех ЧС (123532 чел.). В 2017 году на долю пострадавших при ДТП (1495 чел.) приходилось 4,1 % от общего количества пострадавших при всех ЧС (36402 чел.). В 2018 году на долю пострадавших при ДТП (1073 чел.) приходилось 1,9 % от общего количества пострадавших при всех ЧС (57477 чел.).

Линия тренда, построенная по данным о количестве пострадавших при ДТП за 5 лет, показывает, что в среднем за год количество пострадавших при ДТП увеличивалось почти на 53 человека.

Распределение количества пострадавших при ДТП в Российской Федерации по годам представлено на рис.3.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

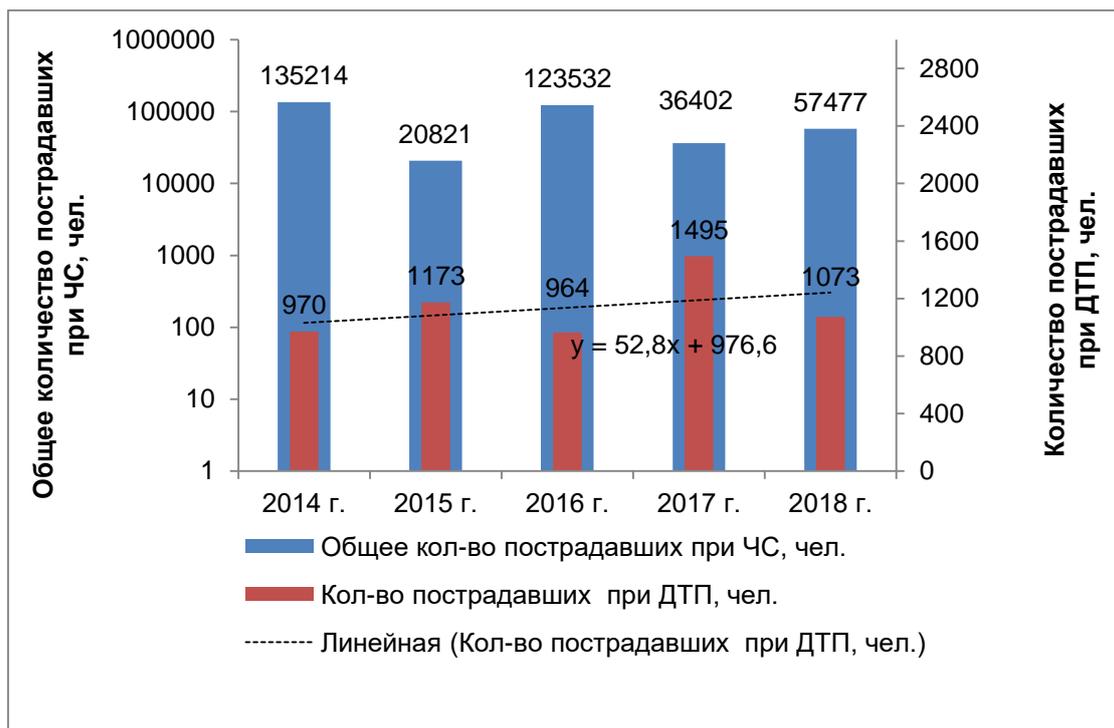


Рисунок 3 - Количество пострадавших при крупных автомобильных катастрофах по Российской Федерации

Анализ данных по спасённым при ДТП показал, что в 2014 году на долю спасённых при ДТП (588 чел.) приходилось 1,5 % от общего количества спасённых при всех ЧС (40067 чел.). В 2015 году на долю спасённых при ДТП (704 чел.) приходилось 6,8 % от общего количества спасённых при всех ЧС (10371 чел.). В 2016 году на долю спасённых при ДТП (587 чел.) приходилось 1,7 % от общего количества спасённых при всех ЧС (34476 чел.). В 2017 году на долю спасённых при ДТП (1066 чел.) приходилось 20,0 % от общего количества спасённых при всех ЧС (5342 чел.). В 2018 году на долю спасённых при ДТП (677 чел.) приходилось 4,6 % от общего количества спасённых при всех ЧС (14707 чел.).

Линия тренда, построенная по данным о количестве спасённых за 5 лет, показывает, что в среднем за год количество спасённых при ДТП увеличивалось на 54 человека.

Распределение количества спасённых при ДТП в Российской Федерации по годам представлено на рис.4.

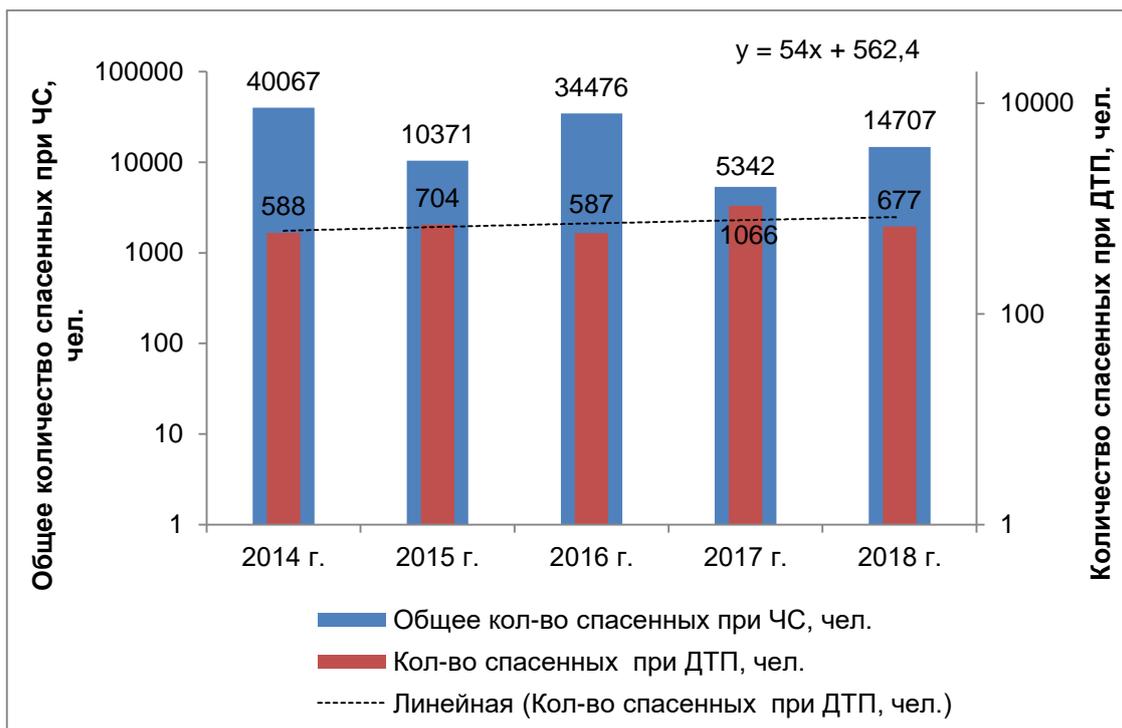


Рисунок 4 - Количество спасённых при крупных автомобильных катастрофах по Российской Федерации

Анализ данных по материальному ущербу при ДТП показал, что в 2014 году на долю материального ущерба при ДТП (30,94 млн. руб.) приходилось 0,1 % от общего количества материального ущерба при всех ЧС (31965,09 млн. руб.). В 2015 году на долю материального ущерба при ДТП (111,78 млн. руб.) приходилось 0,7 % от общего количества материального ущерба при всех ЧС (16380,74 млн. руб.). В 2016 году на долю материального ущерба при ДТП (77,47 млн. руб.) приходилось 0,8 % от общего количества материального ущерба при всех ЧС (9692,22 млн. руб.). В 2017 году на долю материального ущерба при ДТП (35,63 млн. руб.) приходилось 0,3 % от общего количества материального ущерба при всех ЧС (11139,26 млн. руб.). В 2018 году на долю материального ущерба при ДТП (70,21 млн. руб.) приходилось 0,6 % от общего количества материального ущерба при всех ЧС (11228,03 млн. руб.).

Линия тренда, построенная по данным о материальном ущербе при ДТП за 5 лет, показывает, что в среднем за год количество материального ущерба при ДТП увеличивалось на 0,24 млн. руб.

Распределение количества материального ущерба при ДТП в Российской Федерации по годам представлено на рис.5.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»



Рисунок 5 - Величина материального ущерба при крупных автомобильных катастрофах по Российской Федерации

Анализ данных о количестве ДТП по федеральным округам за 5 лет и сравнение их со значением количества ДТП по Российской Федерации за 5 лет (482 ед.) показал, что доля Дальневосточного федерального округа составляет 4,4 % от России; доля Приволжского федерального округа составляет 17,4 %; доля Северо-Западного федерального округа составляет 9,1 %; доля Северо-Кавказского федерального округа составляет 15,6 %; доля Сибирского федерального округа составляет 11,4 %; доля Уральского федерального округа составляет 6,0 %; доля Центрального федерального округа составляет 20,3 % и доля Южного федерального округа составляет 15,8 %. Распределение количества ДТП по федеральным округам представлено на рис.6.

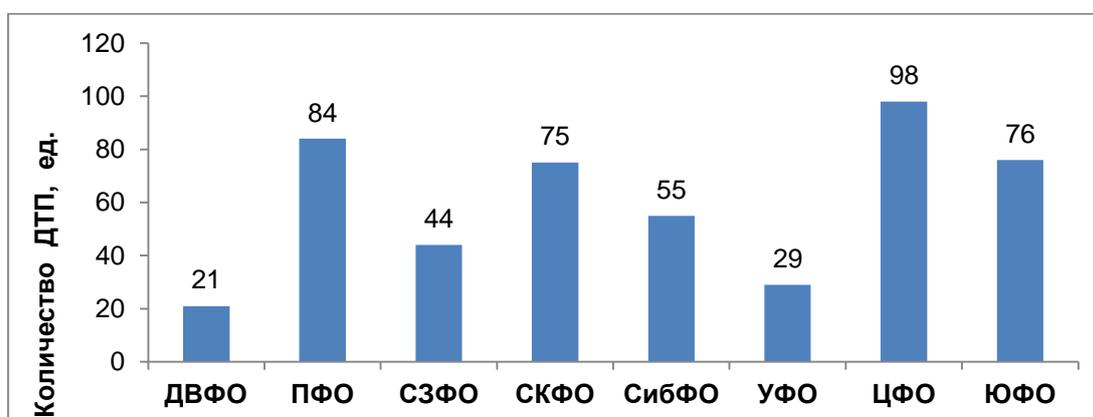


Рисунок 6 - Количество крупных автомобильных катастроф по Федеральным округам за 2014-2018 гг.

Анализируя данные о количестве погибших от ДТП по федеральным округам за 5 лет и сравнивая их со значением количества погибших от ДТП по Российской Федерации за 5 лет (2045 чел.) видно, что доля Дальневосточного федерального округа составляет 5,2 % от России; доля Приволжского федерального округа составляет 20,8 %; доля Северо-Западного федерального округа составляет 8,2 %; доля Северо-Кавказского федерального округа составляет 14,1 %; доля Сибирского федерального округа составляет 11,3 %; доля Уральского федерального округа составляет 6,8 %; доля Центрального федерального округа составляет 19,1 % и доля Южного федерального округа составляет 14,4 %. Распределение количества погибших при ДТП по федеральным округам представлено на рис.7.

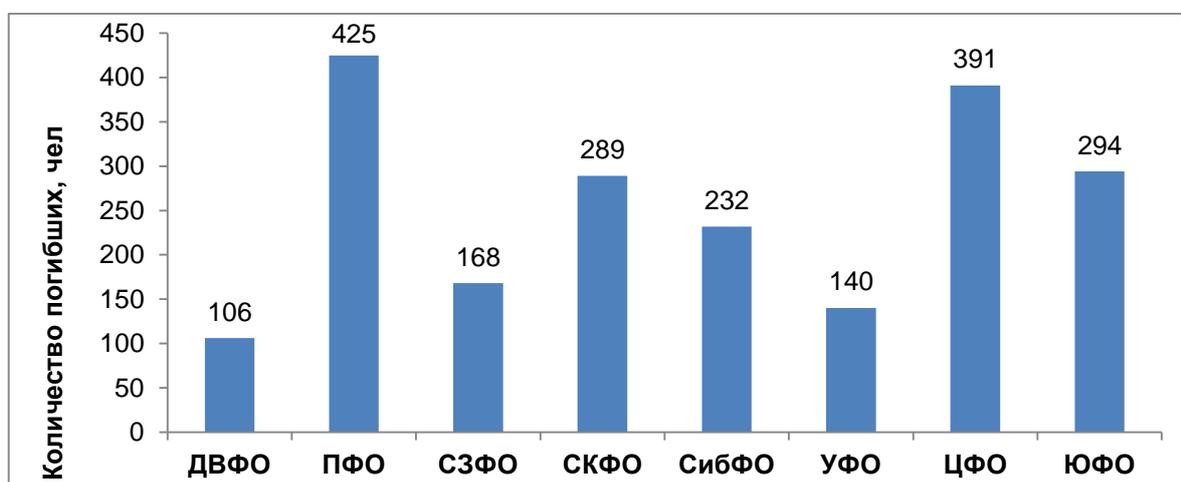


Рисунок 7 - Количество погибших при крупных автомобильных катастрофах по Федеральным округам за 2014-2018 гг.

Анализируя данные о количестве пострадавших от ДТП по федеральным округам за 5 лет и сравнивая их со значением количества пострадавших от ДТП по Российской Федерации за 5 лет (5675 чел.) видно, что доля Дальневосточного федерального округа составляет 6,0 % от России; доля Приволжского федерального округа составляет 14,5 %; доля Северо-Западного федерального округа составляет 9,9 %; доля Северо-Кавказского федерального округа составляет 18,8 %; доля Сибирского федерального округа составляет 12,2 %; доля Уральского федерального округа составляет 5,8 %; доля Центрального федерального округа составляет 18,5 % и доля Южного федерального округа составляет 17,1 %. Распределение количества пострадавших при ДТП по федеральным округам представлено на рис.8.

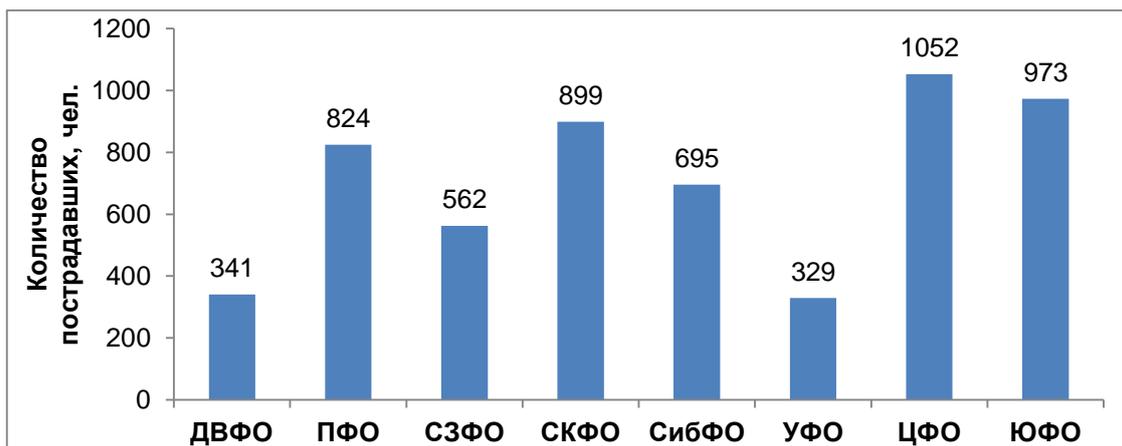


Рисунок 8 - Количество пострадавших при крупных автомобильных катастрофах по Федеральным округам за 2014-2018 гг.

Данные о количестве спасённых при ДТП по федеральным округам за 5 лет и сравнение их со значением количества спасённых при ДТП по Российской Федерации за 5 лет (3622 чел.) показало, что доля Дальневосточного федерального округа составляет 6,5 % от России; доля Приволжского федерального округа составляет 11,0 %; доля Северо-Западного федерального округа составляет 10,9 %; доля Северо-Кавказского федерального округа составляет 16,8 %; доля Сибирского федерального округа составляет 12,6 %; доля Уральского федерального округа составляет 5,2 %; доля Центрального федерального округа составляет 18,2 % и доля Южного федерального округа составляет 18,7 %. Распределение количества спасённых при ДТП по федеральным округам представлено на рис.9.

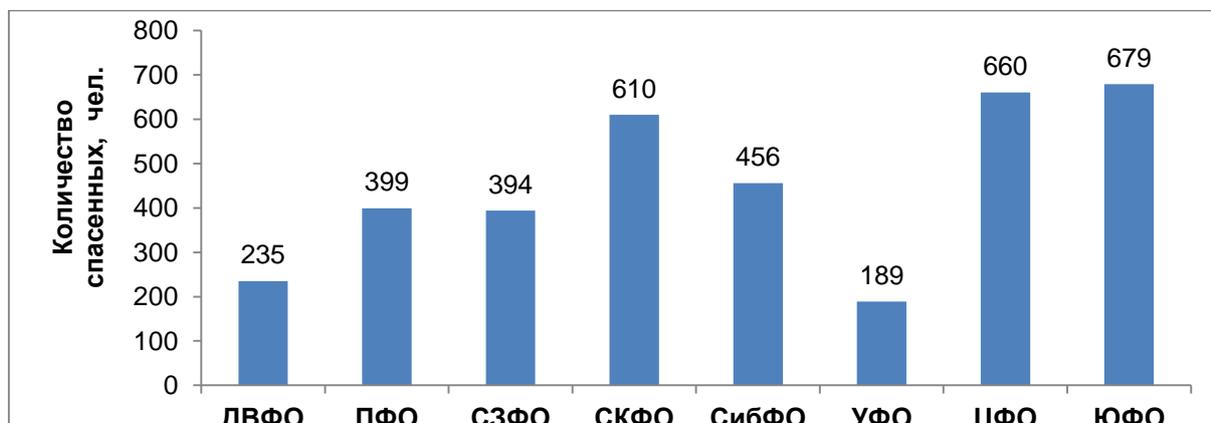


Рисунок 9 - Количество спасённых при крупных автомобильных катастрофах по Федеральным округам за 2014-2018 гг.

Сравнивая данные о величине материального ущерба при ДТП по федеральным округам за 5 лет со значением величины материального ущерба при ДТП по Российской Федерации за 5 лет (326,04 млн. руб.) видно, что доля Дальневосточного федерального округа составляет 10,0 % от России; доля Приволжского федерального округа составляет 16,6 %; доля Северо-Западного федерального округа составляет 3,1 %; доля Северо-Кавказского федерального округа составляет 15,7 %; доля Сибирского федерального округа составляет 7,3 %; доля Уральского федерального округа составляет 24,3 %; доля Центрального федерального округа составляет 21,7 % и доля Южного федерального округа составляет 1,2 %. Распределение материального ущерба при ДТП по федеральным округам представлено на рис.10.

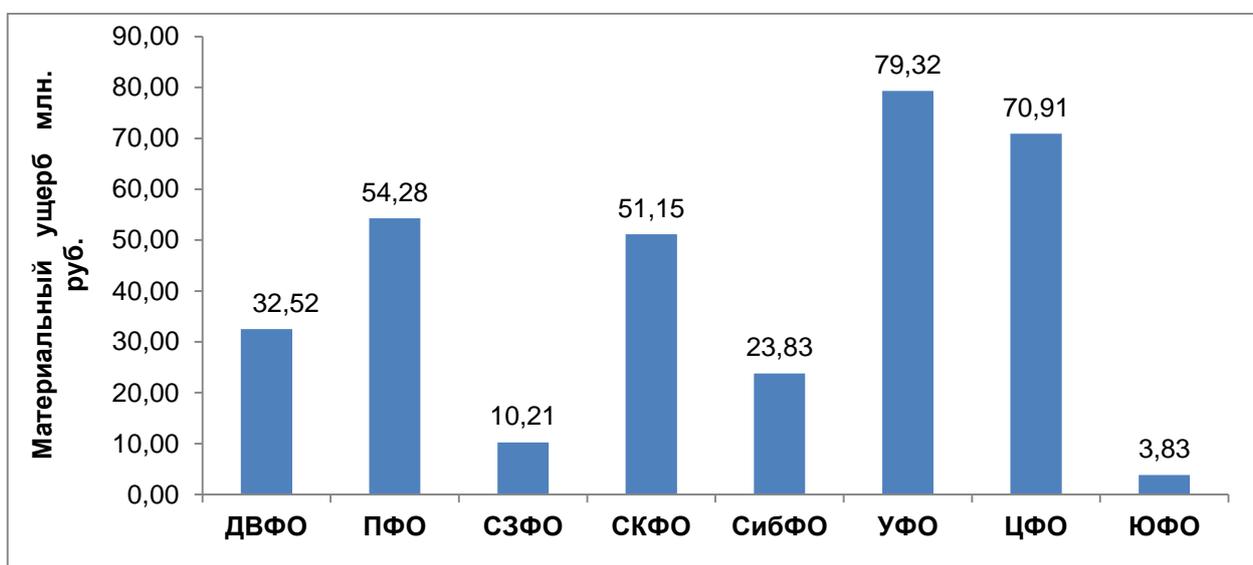


Рисунок 10 - Величина материального ущерба при крупных автомобильных катастрофах по Федеральным округам за 2014-2018 гг.

Оценивая данные о гибели детей при ДТП, можно заметить колебания оцениваемого показателя. Линия тренда, построенная по данным за 5 лет, показывает, что в среднем за год количество погибших при ДТП детей увеличивалось более чем на 4 человека.

Распределение количества детей, погибших при ДТП в Российской Федерации по годам, представлено на рис. 11.

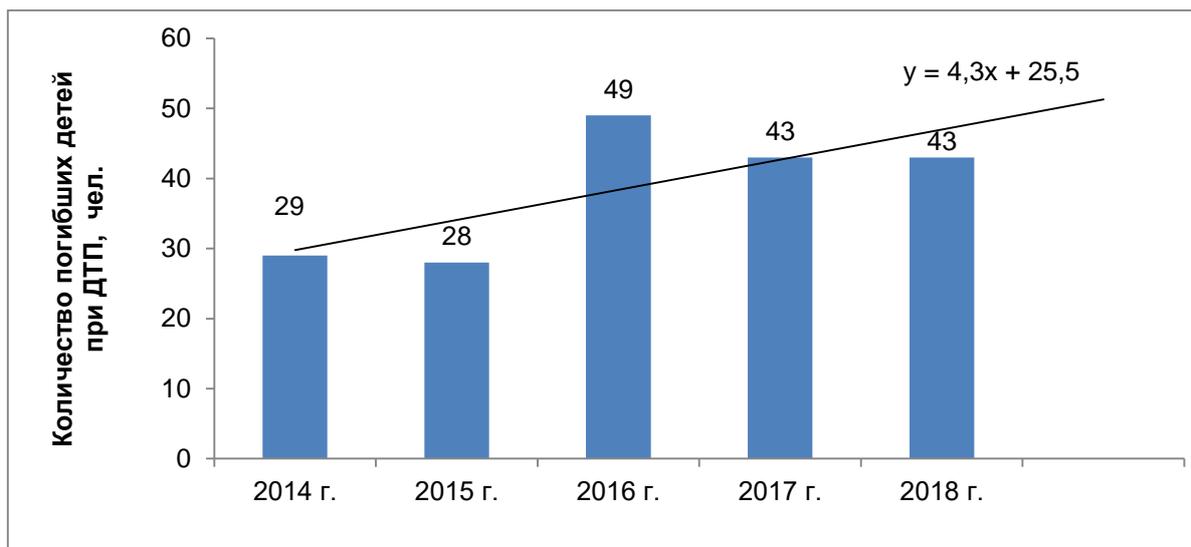


Рисунок 11 - Количество погибших детей при крупных автомобильных катастрофах по Российской Федерации

Анализируя данные о количестве погибших детей при ДТП по федеральным округам за 5 лет и сравнивая их с величиной погибших детей при ДТП по Российской Федерации за 5 лет (192 чел.) видно, что доля Дальневосточного федерального округа составляет 1,0 % от общей гибели детей при ДТП по России; доля Приволжского федерального округа составляет 19,8 %; доля Северо-Западного федерального округа составляет 8,3 %; доля Северо-Кавказского федерального округа составляет 14,1 %; доля Сибирского федерального округа составляет 13,5 %; доля Уральского федерального округа составляет 11,5 %; доля Центрального федерального округа составляет 13,0 % и доля Южного федерального округа составляет 18,8 %.

Распределение количества погибших детей при ДТП по федеральным округам за 5 лет представлено на рис.12.

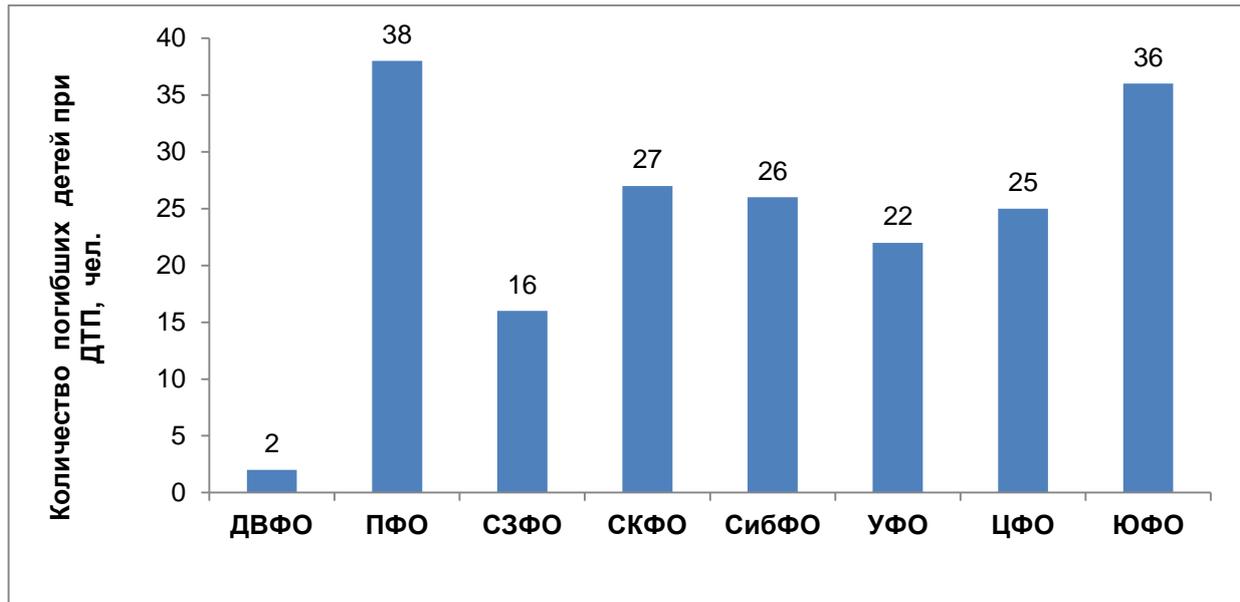


Рисунок 12 - Количество погибших детей при крупных автомобильных катастрофах по Федеральным округам за 2014 – 2018 гг.

Список использованных источников

1. Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях: приказ МЧС РФ от 08.07.2004 года № 329.

Подходы к оценке индивидуального пожарного риска

Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов, В.В. Харин

*ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России*

В нормативных документах, регламентирующих вопросы пожарной безопасности, [1-3] отсутствует единый подход к оценке пожарного риска, который был бы принят в качестве обязательного.

В промышленно развитых странах способ анализа риска и конкретные методики его оценки законодательно устанавливаются для объектов, представляющих повышенную опасность, – атомных электростанций, хранилищ и терминалов сжиженного природного газа, производств взрывчатых веществ и других аналогичных объектов.

Для остальных объектов законодательно устанавливаются лишь общие принципы, по которым должен оцениваться пожарный риск. При этом методики расчетов издаются в качестве рекомендаций, сопровождающих соответствующие стандарты.

В 2009 г. Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» в соответствии с частью 7 статьи 6 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (далее – Технический регламент) [4] были утверждены «Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска» (далее – Правила). В соответствии с этими Правилами определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам, утверждаемым Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [5; 6]. Расчетное значение индивидуального пожарного риска сравнивается с нормативными значениями пожарных рисков, установленными Техническим регламентом.

В соответствии со статьей 79 Технического регламента индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке. Нормативные значения пожарного риска для производственных объектов установлены статьей 93 Технического

регламента, в которой говорится, что величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год.

Однако остается открытым вопрос о сопоставлении полученных расчетных значений индивидуального риска со статистическими данными, например, по зданиям определенного функционального назначения, либо с обобщенными данными по гибели при пожарах за год, как в нашей стране, так и за рубежом [7-10].

В работе [11] для сопоставления полученных расчетных значений индивидуального риска со статистическими данными предлагается для эксплуатируемых зданий (сооружений) расчетный индивидуальный риск проверять окончательно с использованием статистических данных по формуле:

$$Q_E = \frac{N_T}{T \cdot N_{об}}, \quad (1)$$

где N_T – число пожаров с гибелью людей в рассматриваемой группе однотипных зданий, ед.;

T – период времени, за который проводится анализ, лет;

$N_{об}$ – количество наблюдаемых объектов в группе, ед.

Для проверки величины социального риска с использованием статистических данных в [15] предлагается аналогичная формула:

$$R_{10} = \frac{N_{10}}{T \cdot N_{об}}, \quad (2)$$

где N_{10} – число пожаров, повлекшие за собой гибель 10 и более человек, ед.

Авторы работы [12] ставят под сомнение возможность использования формулы (1) для проверки выполнения нормативного значения индивидуального риска из-за несоответствия размерности сравниваемых величин. В [12] предлагается использовать для сопоставления полученных расчетных значений индивидуального риска со статистическими данными показатель «среднее число погибших людей» либо «среднее число жертв (погибших и травмированных)» в расчете на человека в единицу времени для любых типов зданий и сооружений различного функционального назначения. Предложение второго показателя вытекает из п. 2.8. Приложения 2 ГОСТ 12.1.004 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» [13], в котором предлагается для эксплуатируемых

зданий (сооружений) вероятность воздействия опасных факторов пожара на людей проверять окончательно с использованием статистических данных по формуле

$$Q_B = \frac{n \cdot M_{\text{ж}}}{T \cdot N_0} \quad (3)$$

где n – коэффициент, учитывающий пострадавших людей;

T – рассматриваемый период эксплуатации однотипных зданий (сооружений), лет;

$M_{\text{ж}}$ – число жертв пожара в рассматриваемой группе зданий (сооружений) за рассматриваемый период, чел.;

N_0 – общее число людей, находящихся в зданиях (сооружениях), чел.

Однако, по мнению [7], критерием успешной или безуспешной эвакуации в методике [5] является гибель хотя бы одного человека, то есть фактически нормируемой величиной является риск возникновения пожара с гибелью людей. В таком случае размерности сравниваемых величин в формуле (1) и нормируемой величины в [4] совпадают.

Для оценки индивидуального пожарного риска по статистическим данным различными способами в настоящей работе использованы данные по количеству пожаров и количеству погибших людей на пожарах за период с 2012 по 2018 гг. в однотипных группах зданий (сооружений), объектов защиты в Российской Федерации на основе статистической информации, содержащейся в федеральных банках данных ФГБУ ВНИИПО МЧС России [14], и данные по количеству предприятий и среднегодовой численности работников [15; 16].

Статистические данные, используемые для оценки индивидуального пожарного риска, представлены в табл. 1.

В среднем за год один работник занят на рабочем месте от 1650 до 1770 часов [15]. С учетом того, что в году 8760 часов, вероятность присутствия на предприятии при возникновении пожара для каждого работника составляет около 0,2. Поэтому при расчете риска по формуле (3) N_0 оценивалась как среднегодовая численность работников предприятий, деленная на 5. Расчетные значения пожарного риска приведены в табл. 2. При оценке социального риска для предприятий, на которых не было пожаров с гибелью 10 и более человек, использовалось среднее значение социального риска по всем предприятиям за 2012-2018 гг.

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

Таблица 1 - Обстановка с пожарами за 2012-2018 гг. в группах однотипных предприятий Российской Федерации

Тип предприятия	Количество предприятий	Среднегодовая численность работников, тыс. чел.	Количество пожаров, ед. (Т=7)	Количество погибших при пожарах, чел.	Количество травмированных при пожарах, чел.	Количество пожаров с гибелью 1 и более человек, ед.	Количество пожаров с гибелью 10 и более человек, ед.
Предприятия электроэнергетики	32971	1794,8	2218	18	67	16	0
Предприятия металлургии	48287	926,0	784	21	65	16	0
Предприятия химической и нефтехимической промышленности	16754	738,7	715	28	208	21	0
Предприятия машиностроения и металлообработки	43163	721,1	947	18	88	15	0
Предприятия лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности	83438	510,7	6735	260	188	13	0
Предприятия легкой промышленности	28175	313,1	423	35	18	11	2
Предприятия пищевой промышленности	51387	1185,3	1967	23	79	19	0
Предприятия сельскохозяйственного назначения	133100	397,7	10870	262	240	237	0
Предприятия топливной промышленности	6862	621,6	570	23	154	17	0
Предприятия транспорта	10188	964,1	6761	98	382	91	0
Предприятия строительства	497800	1242,7	4814	171	237	128	0

Таблица 2 - Обстановка с пожарами за 2012-2018 гг. в группах однотипных предприятий Российской Федерации

Тип предприятия	Оценка индивидуального риска, $\times 10^{-6}$			Оценка социального риска, $\times 10^{-6}$
	по формуле (1)	среднее число погибших людей	среднее число жертв	по формуле (2)
Предприятия электроэнергетики	69,3	7,2	33,8	0,3
Предприятия металлургии	47,3	16,2	66,3	0,3
Предприятия химической и нефтехимической промышленности	179,1	27,1	228,2	0,3
Предприятия машиностроения и металлообработки	49,6	17,8	105,0	0,3
Предприятия лесной, дерево-обрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности	364,7	363,6	626,5	0,3
Предприятия легкой промышленности	55,8	79,8	120,9	10,1
Предприятия пищевой промышленности	52,8	13,9	61,5	0,3
Предприятия сельскохозяйственного назначения	254,4	470,6	901,6	0,3
Предприятия топливной промышленности	353,9	26,4	203,3	0,3
Предприятия транспорта	1276,0	72,6	355,6	0,3
Предприятия строительства	36,7	98,3	234,5	0,3
Средние значения параметров	124,2	76,6	217,1	0,3

Таким образом, проверка оценки индивидуального риска по статистическим данным показала, что во всех проанализированных группах предприятий значения индивидуального риска превышают нормативные в среднем на 2 порядка.

Для сравнения проведена оценка индивидуального риска для многоквартирных жилых домов. В Российской Федерации насчитывается

2964253 многоквартирных жилых домов, в которых проживает 100886 тыс. человек [17]. За период с 2012 по 2018 гг. в этих домах произошло 194972 пожара, на которых погибло 19232 человека и 29892 чел. получили травмы [14]. Оценка индивидуального пожарного риска по формуле (1) дает значение – $782,3 \cdot 10^{-6}$ пожара с гибелью людей на один объект, что в 6,3 раза больше, чем в среднем на один объект промышленности. При расчете риска по формуле (3) предполагалось, что в среднем каждый человек, проживающий в многоквартирном доме, проводит в нем около половины своего времени. При таком подходе в многоквартирных жилых домах среднее число погибших людей составило $54,5 \cdot 10^{-6}$ человек и среднее число пострадавших – $139,1 \cdot 10^{-6}$ человек в расчете на 1 жителя. Данные значения меньше, чем аналогичные средние значения на объектах промышленности в 1,4 и 1,6 раза соответственно.

Таким образом, пожары с гибелью людей на объектах промышленности происходят реже, чем в многоквартирных жилых домах, однако риск гибели и получения травмы на таких пожарах оказывается больше на объектах промышленности.

Следует также обратить внимание на соотношение травмированных и погибших людей. Этот показатель характеризует степень относительной опасности отрасли производства и его опасных факторов. Международная организация труда рассматривает этот показатель как один из важнейших при анализе гибели и травматизма людей. Чем меньше значение этого показателя, тем опасней считается поражающий фактор или менее безопасными условия труда в отрасли производства [28].

На рисунке приведены соотношения травмированных и погибших людей на объектах промышленности разных отраслей и для сравнения в многоквартирных жилых домах.

В целом на всех предприятиях промышленности отношение травмированных к погибшим людям при пожаре выше, чем в многоквартирных жилых домах. Следует обратить внимание на безопасность условий труда в предприятиях легкой, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, а также на предприятиях сельскохозяйственного назначения. В этих группах предприятий соотношения травмированных и погибших людей при пожарах меньше [1].

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»



Рисунок - Соотношения травмированных и погибших людей при пожарах на объектах промышленности разных отраслей

Проведенный анализ показал, что оценка индивидуального риска по статистическим данным для всех проанализированных групп предприятий промышленности значительно превышает нормативные значения. Подобный мониторинг показателей безопасности в промышленности следует производить на регулярной основе с целью управления рисками на предприятиях.

Список использованных источников

1. Якуш С.Е., Эсманский Р.К. Анализ пожарных рисков. Часть I: Подходы и методы. Проблемы анализа риска, том 6, 2009, № 3, с. 8-27.
2. NFPA 551. Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments. National Fire Protection Association. https://www.academia.edu/39234914/NFPA_551_Guide_for_the_Evaluation_of_Fire_Risk_Assessments_2016_Edition_Origin_and_Development_of_NFPA_551.
3. ISO TS 16732. Fire Safety Engineering — Guidance on Fire Risk Assessment. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. http://ife-scotland.org/wp-content/uploads/2014/05/FSH_24_10_0005-Draft-Fire-Risk-Assessment-Document.pdf.

4. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, № 30 (часть I), ст. 3579.

5. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

6. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

7. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. О статистике пожаров и о пожарных рисках. Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 4. С. 40-48.

8. Абдурагимов И.М. Еще раз о принципиальной невозможности выполнения расчетов пожарных рисков детерминированными методами. Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 6. С. 13-23.

9. Фирсов А.В., Крюков Е.В., Харисов Г.Х. О нормативном значении индивидуального пожарного риска. Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21, № 9. С. 14-16.

10. Мешалкин Е.А., Бурбах В.А., Вантякшев Н.Н. О применении методик расчетов по оценке пожарных рисков. Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 2. С. 23-31.

11. Пожаровзрывозащита: учебное пособие / сост. А.И. Сечин, О.С. Кырмакова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 126, 128.

12. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Индивидуальный пожарный риск: понятие и вычисление. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2013. № 5. С. 30-41.

13. Система стандартов безопасности труда «Пожарная безопасность. Общие требования». ГОСТ 12.1.004-91. Дата введения 01.07.92.

14. Статистика пожаров за 2012-2018 год. [Электронный ресурс]: <https://sites.google.com/site/statistikapozaro/home/rezultaty-rascetov/operativnye-dannye-po-pozaram>. (дата обращения: 29.06.2019 г.).
15. Россия в цифрах. 2017: Крат. стат. сб./Росстат – М., 2017 – 511 с.
16. Промышленное производство в России. 2016: Статистический сборник. /Росстат. – М., 2016. – 347 с.
17. Итоги Всероссийской переписи населения 2010. Том 9. Жилищные условия населения. [Электронный ресурс]: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm. (дата обращения: 13.08.2019 г.).
18. Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю. Риски гибели и травмирования людей на пожарах. Вестник НЦБЖД. 2019. № 2. С. 127-132.

Моделирование термовакуумных испытаний в среде SIMINTECH

***А.В. Чубарь^{1,2}, И.Н. Пожаркова^{1,2},
В.В. Устименко², Э.Г. Валиева³***

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²Сибирский федеральный университет

*³ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева*

Активное развитие современных средств исследований космического околоземного пространства с помощью аппаратуры, размещенной на внешней обшивке пилотируемых и автоматических космических аппаратов, предъявляет новые требования к уровню автоматизации процессов исследований и обеспечения испытательных лабораторий современными установками для проведения термовакуумных испытаний.

Для описания среды, окружающей большинство космических аппаратов, находящихся на околоземной орбите, широко используется термин «собственная внешняя атмосфера космического объекта», характеризующий физические параметры атмосферы в следующих пределах: температура в диапазоне от минус 60-70 °С при нахождении космического объекта в теневой зоне до плюс 120-150 °С после перехода в область солнечного облучения по мере движения космического аппарата по орбите. При этом уровень давления в описываемой области колеблется в пределах $10^{-5} \dots 10^{-7}$ мбар. Таким образом, достаточно четко характеризуются условия эксплуатации различной научно-исследовательской аппаратуры и уровень предъявляемых требований с точки зрения внешних воздействующих факторов, таких как повышение и понижение температуры, градиент температуры, предельный вакуум, имитация неравномерности нагрева при переходе границы «солнце-тень» и вращении космического аппарата.

Для реализации указанных факторов в современных испытательных лабораториях используются специальные камеры – имитаторы воздействия космического пространства, позволяющие смоделировать упомянутые воздействующие внешние факторы, в том числе по заранее заложенной программе, в ручном или автоматическом режимах, с протоколированием всех регистрируемых параметров,

получаемых как от объекта испытаний, так и систем самой камеры [1]. Наличие различных блокировок и систем безопасности позволяет предотвратить незапланированные изменения программ испытаний и предотвратить сбои при ошибке оператора или перебоях в инженерных сетях, что немало важно при проведении длительных термовакуумных циклов.

Термовакуумная камера (ТВК) TVAC-1400, разработанная специалистами испанской компании Telstar, обеспечивает высокий уровень равномерности и стабильности распределения температуры. Помимо универсальных режимов, сочетающих воздействия температуры и вакуума, позволяет имитировать неравномерный нагрев за счет десяти регулируемых ИК излучателей, размещенных на специальном каркасе в полезном объеме установки, суммарной мощностью излучения до 5 кВт. Камера имеет 30 встроенных каналов измерения и регулирования температуры с помощью миниатюрных наклеиваемых датчиков, сбор и обработка информации ведется электронным самописцем Eurotherm 6180A. Управление установкой осуществляется с помощью программируемого промышленного контроллера Siemens S7-300 с сенсорного экрана или удаленно по локальной сети Ethernet.

Основные технические характеристики камеры TVAC – 1400:

- полезный объем камеры не менее 1100 л;
- полезные размеры термостолы не менее 700x1000 мм, высота над столом 700 мм;
- диапазон рабочих давлений (во всем диапазоне температур): от 1000 мбар до 10^{-7} мбар;
- скорость откачки от давления окружающей среды до 10^{-6} мбар не более 8 ч;
- безмаслянная откачка, реализуемая с помощью пластичного – роторного форвакуумного насоса Agilent Triscroll 600, турбомолекулярного насоса Agilent Navigator 1001 и криогенной панели с прокачкой жидкого азота;
- диапазон рабочих температур от -70 °С до $+150$ °С, неравномерность распределения температуры (показания на поверхности внутреннего экрана камеры и термостолы) не хуже ± 1 °С, скорость изменения температуры не менее 2 °С/мин;
- точность поддержания температуры в установившемся режиме ± 1 °С.

Для обеспечения обратной связи с объектом испытаний в системе предусмотрено наличие фланцев с проходными герморазъемами типа 2ПМГСПД, а также несколько запасных фланцев для установки других

типов разъемов (силовых, высокочастотных и т.д.). В распашной двери камеры смонтировано германиевое окно диаметром 75 мм, полоса пропускания которого позволяет использовать тепловизор для мониторинга градиента температуры испытуемого объекта.

Испытания проводятся в следующей последовательности [2]:

1. Объект испытаний помещается в ТВК с помощью устройства крепления, через технологическую кабельную сеть подключается к КПА.
2. На объекте испытаний закрепляются датчики температуры.
3. Объект переводится в контролируемый режим.
4. В течение 10 минут регистрируются ток и напряжение на клеммах объекта испытаний, температура с датчиков.
5. Объект переводится в исходное состояние.
6. Объект испытаний выдерживается без нагрузки 5 минут.
7. В ТВК создается вакуум глубиной 10^{-6} Па.
8. На посадочном месте объекта испытаний в ТВК устанавливается температура $-45\pm 5^{\circ}\text{C}$.
9. Пункты 3-6 повторяются 3 раза.
10. Запускается процесс нагрева посадочного места объекта испытаний в ТВК с температуры $-45\pm 5^{\circ}\text{C}$ до температуры $+80\pm 5^{\circ}\text{C}$.
11. Пункты 3-6 повторяются 2 раза.
12. На посадочном месте объекта испытаний в ТВК устанавливается температура $+80\pm 5^{\circ}\text{C}$.
13. Пункты 3-6 повторяются 3 раза.
14. На посадочном месте объекта испытаний в ТВК устанавливается температура $+20\pm 5^{\circ}\text{C}$.
15. В ТВК создается атмосферное давление.
16. Объект испытаний отсоединяется от технологической кабельной сети, с объекта испытаний снимаются датчики температуры, объект извлекается из ТВК.

Одним из перспективных средств моделирования, разработки и испытаний робототехнических и других сложных систем является среда визуального моделирования SimInTech [3], которая обеспечивает:

- создание моделей технических устройств в виде структурных блок-схем;
- математическое моделирование их режимов на основе дифференциальных уравнений;
- создание составных моделей технических объектов из готовых блоков – моделей оборудования;
- интеграцию в единую комплексную модель;

- отладку алгоритмов управления на модели и реальном объекте;
- автоматическую генерацию кода управляющих программ;
- автоматизацию выпуска конструкторской документации.

Ключевой особенностью использования SimInTech для создания комплексных моделей является идеология использования «Базы данных сигналов» - структурированного списка переменных, обеспечивающих обмен расчетными значениями между расчетными схемами в единой модели. База данных сигналов SimInTech является объектной и обеспечивает пользователю удобное решение следующих задач:

- объединение нескольких расчетных схем в единую модель;
- обеспечение возможности векторной обработки сигналов для типовых алгоритмов управления;
- объектно-ориентированное проектирование модели технических систем;
- автоматизацию создания и обработки переменных в комплексных моделях.

Для создания сложной математической модели производится объединение моделей основных подсистем (субмоделей), реализованных в виде отдельных проектов, в единый пакет.

В настоящее время среда SimInTech используется на ряде предприятий ракетно-космической техники.

В данной статье представлены результаты разработки в среде SimInTech компьютерной модели термовакuumных испытаний, позволяющей исследовать воздействие внешних факторов на объект исследования. Для решения поставленной задачи созданы модели объекта управления ТВК и регуляторов, произведена настройка параметров, реализованы алгоритмы управления режимами испытаний.

Модель термовакuumных испытаний (рис. 1) в среде SimInTech представляет собой совокупность объединенных в общий пакет моделей термовакuumной камеры и системы управления термовакuumными испытаниями, связанных через общую базу данных (БД). Каждая из перечисленных моделей является в свою очередь набором проектных файлов, включающих набор субструктур, которые описывают функционирование исполнительной системы (ИС), объекта испытаний (ОИ), системы управления испытаниями (СУ) и эталонную модель объекта (ЭМ).

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

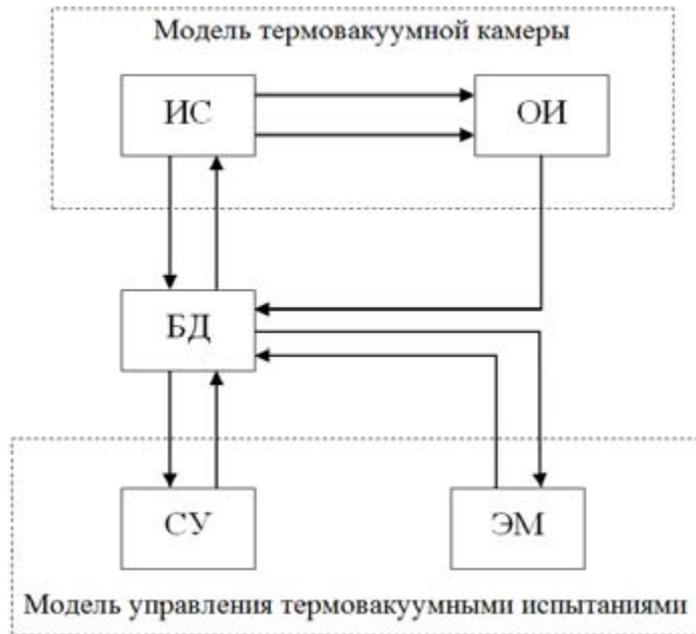


Рисунок 1 - Структурная схема реализации модели ТВИ

База сигналов проекта (рис. 2) представляет собой структурированную файловую базу данных, содержащую константы и переменные (сигналы), используемые в одном или нескольких проектах, а также информационные поля (строковые константы), которые не используются для целей моделирования.

№	Группы сигналов	№	Имя	Название	Тип данных	Формула	Значение	Способ расчета
1	SignalK	1	TOS	Температура Окр. среды	Вещественное		0	Переменная
2	ParamK	2	POS	Давление окр. среды	Вещественное		0	Переменная
		3	TempK	Температура камеры	Вещественное		0	Переменная
		4	PK	Давление камеры	Вещественное		0	Переменная
		5	Ulag	Управление нагревом	Целое		0	Переменная
		6	Uoxl	Управление охлаждением	Целое		0	Переменная
		7	Uraz	Управление разрожением	Целое		0	Переменная
		8	Unagnet	Управление магнетизмом	Целое		0	Переменная

Рисунок 2 - Фрагмент окна базы данных ТВИ

В пакет файлов модели ТВК в среде SimInTech (рис. 3) входят отдельные проекты: «Окружающая среда» (рис. 4), «Термовакuumная камера» (рис. 5), «Система управления» (рис. 6), «Объект испытаний», входные и выходные сигналы которых передаются через базу данных.

Каждый из проектных файлов является совокупностью типовых элементов SimInTech, объединенных субмоделями, включающих реализацию отдельных режимов и алгоритмы управления ими с использованием блоков программирования.

Взаимодействие оператора с моделью осуществляется посредством панели управления (рис. 7), реализованной типовыми элементами соответствующей панели примитивов SimInTech.

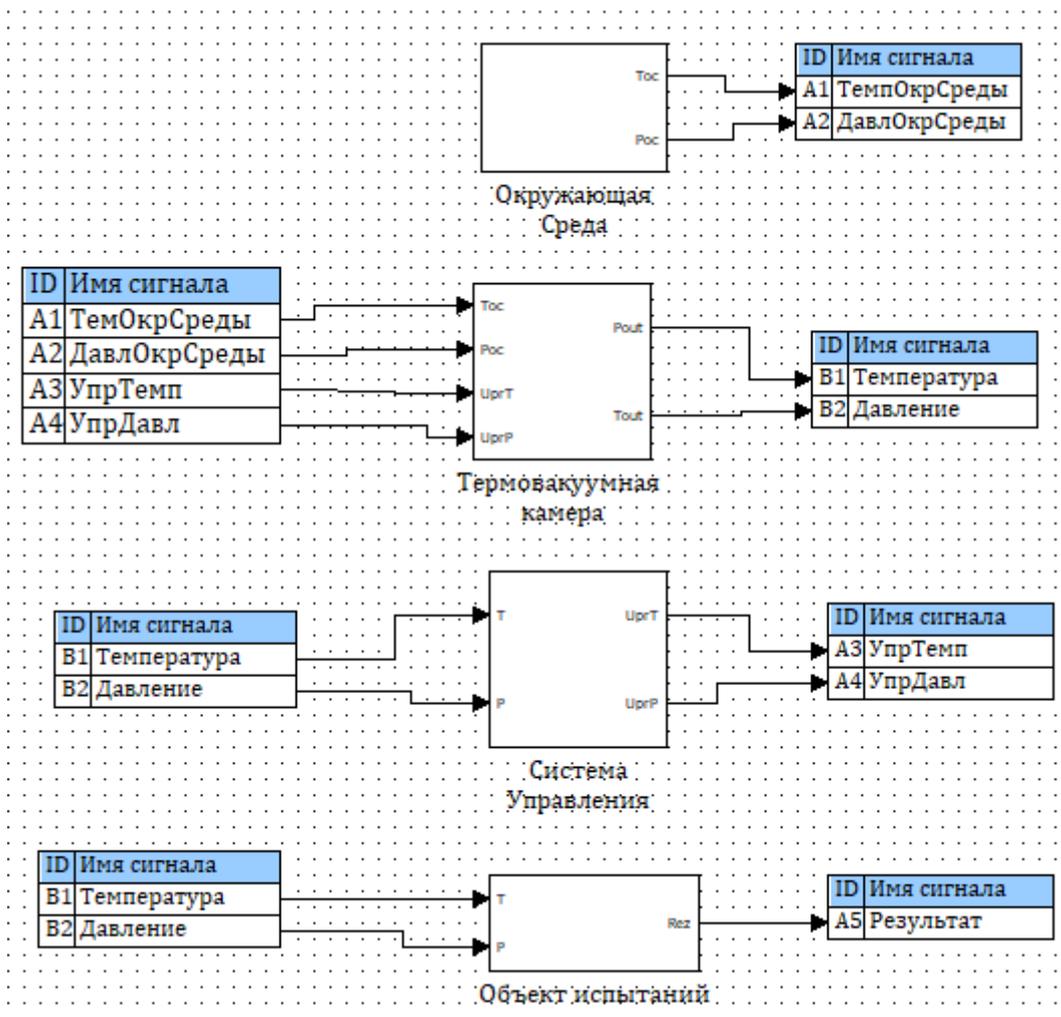


Рисунок 3 - Структура пакета проектных файлов ТВК

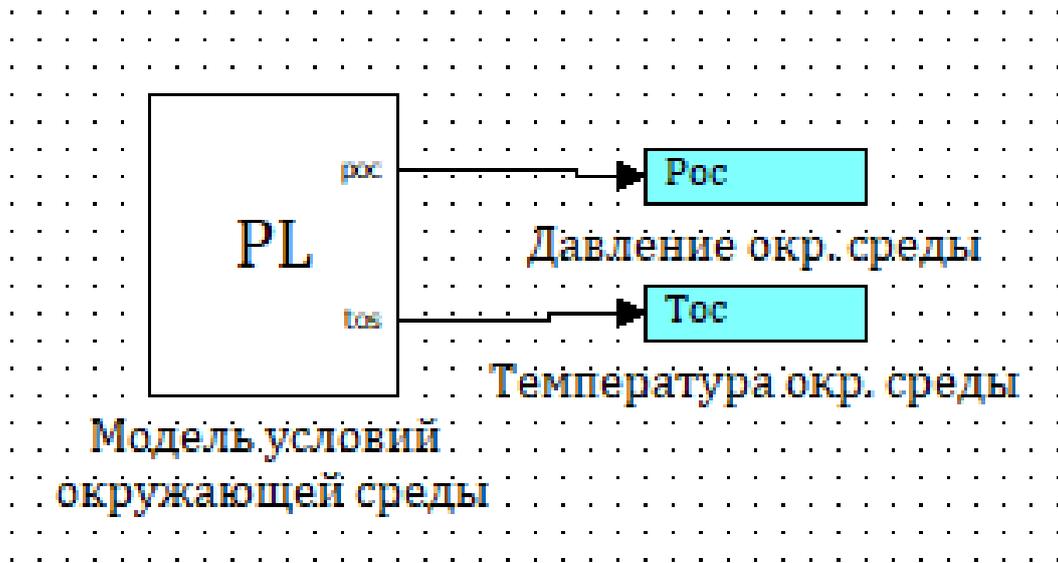


Рисунок 4 - Структура субмодели «Окружающая среда»

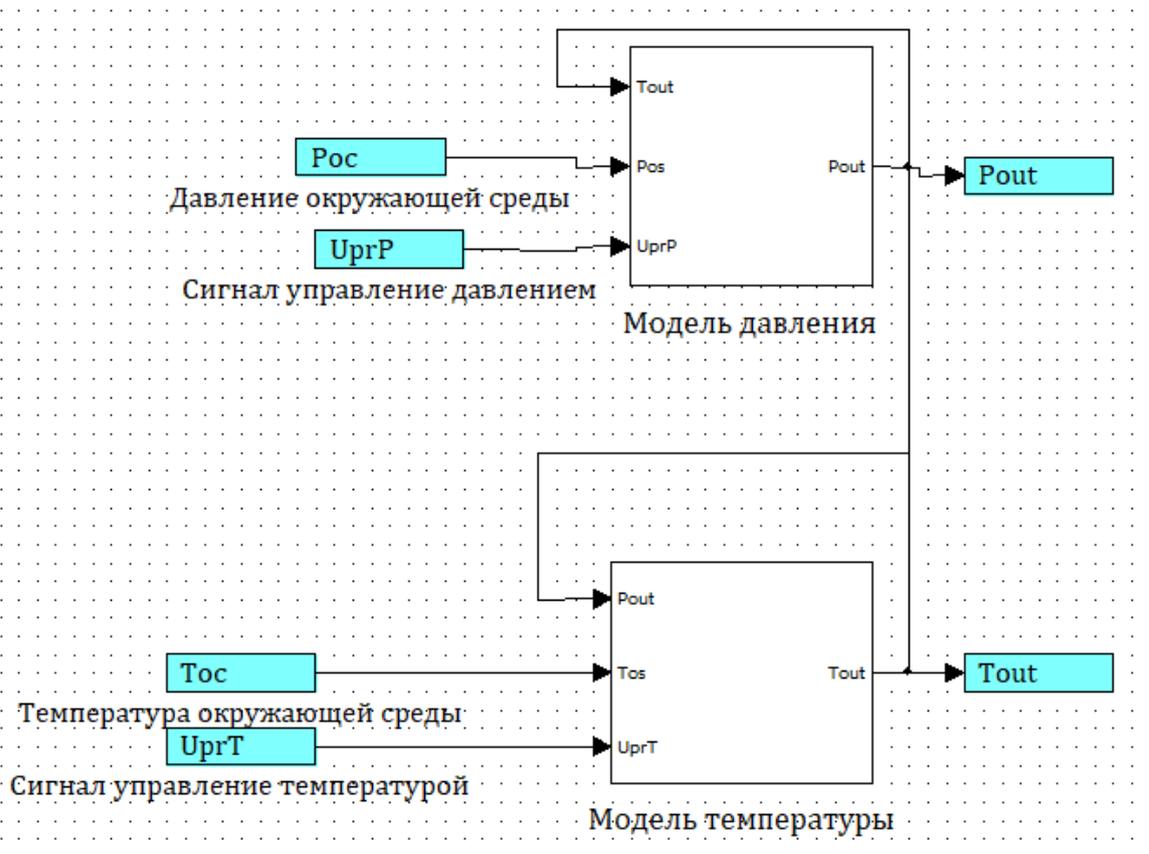


Рисунок 5 - Структура субмодели «Термовакuumная камера»

Секция 2. «Моделирование и прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий»

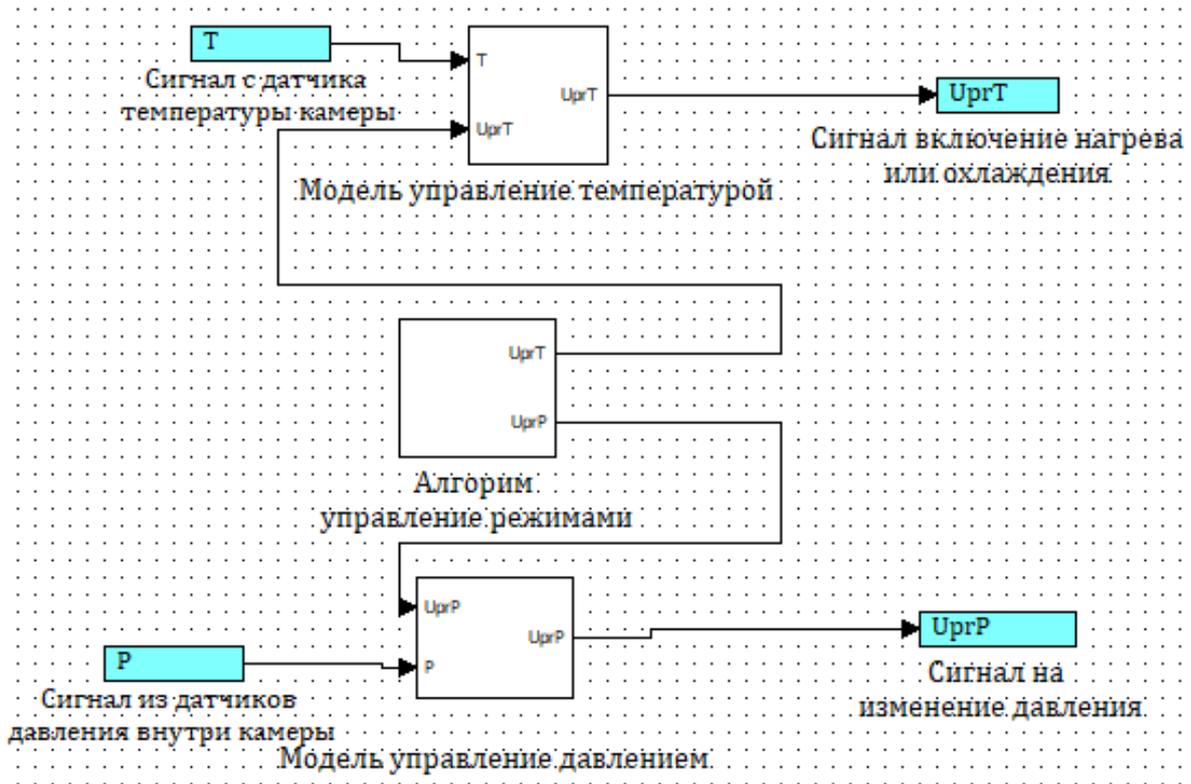


Рисунок 6 - Структура субмодели «Система управления»

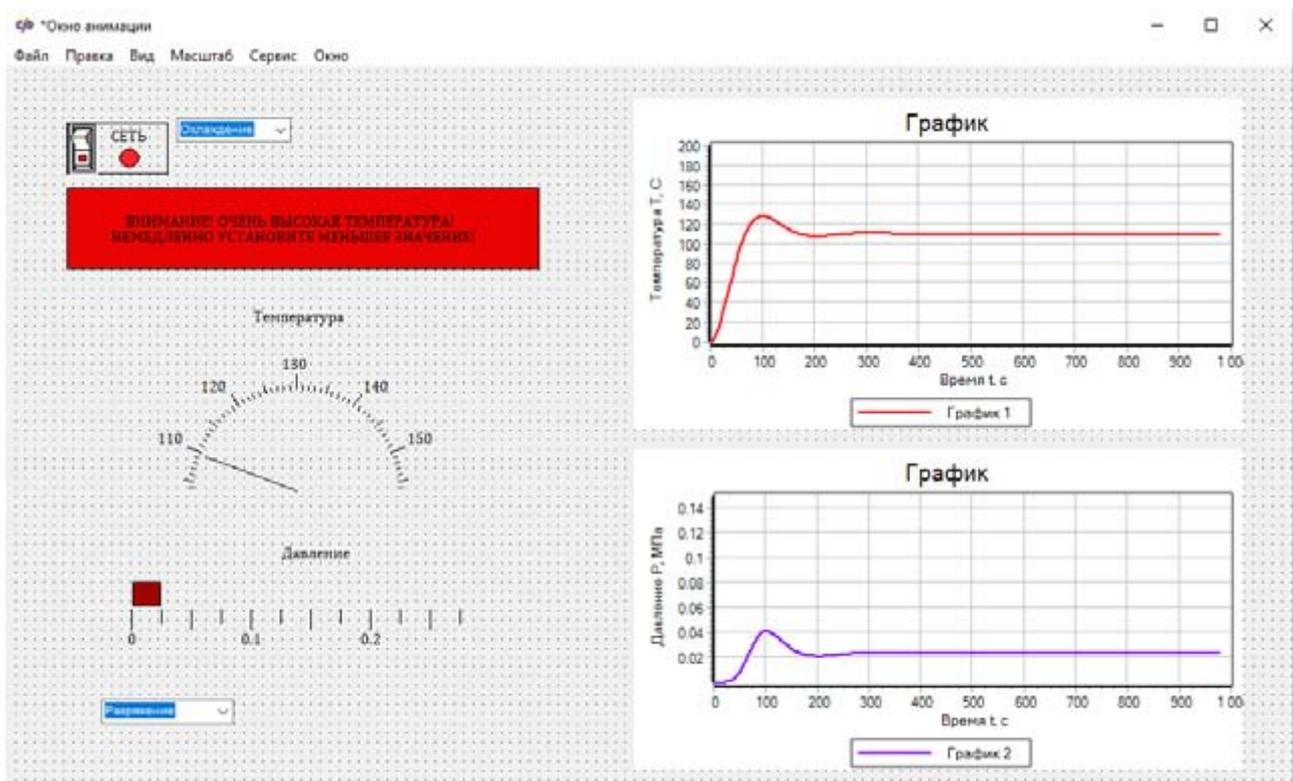


Рисунок 7 - Панель управления

Разработанная модель термовакуумных испытаний (рис. 3-7) позволяет осуществлять контроль программ испытаний, предотвращение сбоев при ошибке оператора или перебоях в инженерных сетях, что реализуется возможностью управления режимами ТВК как в ручном, так и в автоматическом режиме. Компьютерная модель дает возможность выявить наиболее неблагоприятные ситуации, которые могут возникнуть процессе функционирования термовакуумной камеры, и может быть использована для исследования поведения контролируемых параметров термовакуумных испытаний и отработки алгоритмов управления.

Список использованных источников

1. Акишин А. И. Воздействие собственной внешней атмосферы космических аппаратов на их материалы и оборудование // Перспективные материалы, 2007. №2. С.14-21.
2. Космический аппарат «Маяк». Программа и методика термовакуумных испытаний моторредуктора типа IG-220110 201N1R, 2015. С. 7.
3. Пожаркова, И.Н. Моделирование технологического процесса в среде визуального моделирования SimInTech / Пожаркова И.Н., Чубарь А.В., Грищенко И.А., Трояк Е.Ю. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник», 2018, №2. - С.29-37.

СЕКЦИЯ 3. «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ»

Системы связи на основе технологий множественного доступа для управления действиями подразделений МЧС России

И.Л. Скрипник

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Качественное проведение организационных мероприятий в области предотвращения крупномасштабных катастроф обусловлена слаженными взаимосвязанными действиями органов управления, сил и средств Российской единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), основной задачей которых является предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1; 2].

Своевременному и оперативному реагированию на внештатную аварийную ситуацию способствуют правильно организованные действия Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) ГУ МЧС России и единой системы обеспечения вызова (ЕСОВ) экстренных оперативных служб по единому номеру.

Обеспечение органов управления в РСЧС системами связи и передачи данных, обеспечивающими сбор, хранение, обработку и обмен информацией, связанной с защитой населения и территорий от ЧС с использованием автоматизированной информационно-управляющей системы (АИУС) организовано в соответствии с действующей нормативно-правовой документацией.

На сегодняшний день в РСЧС разработано достаточно большое количество различных по своим видам информационных сетей (справочно-информационные, информационно-аналитические и др.) и систем связи. Рациональное использование таких систем в случае возникновения ЧС и других происшествий является положительным результатом их применения в структуре МЧС России. В последние годы наблюдалось быстрое развитие информационных и телекоммуникационных технологий, которое позволило значительно повысить качество и эффективность информационного взаимодействия между подразделениями МЧС, что способствовало более оперативным

и слаженным совместным действиям ведомственных структур МЧС России.

Сегодня в структуре МЧС все больше стали применяться системы и сети на основе так называемых технологий широкополосного беспроводного доступа (ШБД). Организация связи внутри мобильной группировки должна обеспечиваться именно при помощи сетей ШПД, предназначенных для осуществления обмена оперативной информацией и массового оповещения населения, в том числе непосредственно в местах ЧС. Сетевая аппаратура такой группировки размещается в нескольких объектах, один из которых является мобильным узлом связи (МУС), а остальные выполняют роль мобильных терминальных комплексов (МТК), предназначенных для сбора, передачи, приема и отображения необходимой мультимедиа информации и оборудованных выносными складными экранами и необходимой аудио/видео аппаратурой.

Кроме того, в 2009-2010 гг. по заказу Департамента гражданской защиты МЧС России был разработан, изготовлен и испытан новейший мобильный пункт управления для работы в особо кризисных ситуациях и ликвидации крупных пожаров (МПУ), в задачи которого входят, с точки зрения организации систем и сетей связи с применением основ ШБД в местах ликвидации ЧС, оперативное развертывание и организацию систем телефонной связи и сетей беспроводного информационного обмена между отдельными объектами МПУ, в том числе с использованием телефонных трубок, поддерживающих стандарт WiFi.

Увеличение числа пользователей (абонентов) в выше указанных сетях связи ставит перед собой задачу наиболее рационального использования каналов. Поскольку в настоящее время в ведомственных структурах МЧС России возникает проблема, связанная со сложностью выделения частотных диапазонов для осуществления деятельности и нехваткой рабочих частот, задача обеспечения связью максимального количества абонентов сегодня становится все более актуальной. Для ее решения предлагается один из способов организации связи, основанный на современных существующих технологиях ШБД: IEEE 802.16e MobileWiMAX, IEEE 802.11 WiFi, 3GPP LTE и HSPA+. Они предназначены для предоставления услуг передачи голоса, видео и данных за счет продвижения моделей с низкой стоимостью развертывания и обслуживания через совместимые Интернет-архитектуры и протоколы. Основные преимущества таких технологий

по сравнению с используемыми ранее системами (GSM+GPRS, GSM+EDGE и др.) представлены в виде блок-схемы (рисунок).



Рисунок – Основные преимущества использования технологии ШБД в беспроводных сетях связи ведомственных структур МЧС России

Ортогональный множественный доступ с частотным разделением (OFDMA) является многопользовательской версией известной схемы цифровой модуляции, мультиплексирование с ортогональным частотным разделением (OFDM) и гибридным расширенным модулем FDMA. В OFDMA работа осуществляется путем присвоения каждому пользователю определенного множества поднесущих, что дает возможность одновременно передавать данные от нескольких пользователей с пониженной скоростью. Каждому пользователю может быть присвоено разное количество поднесущих. С точки зрения качества обслуживания, в OFDMA имеется возможность контроля скорости передачи данных и вероятности появления ошибок каждого пользователя. За счет имеющейся информации об оценке импульсной характеристики канала каждого корреспондента, которая поступает по специальному служебному каналу обратной связи, распределение частотного ресурса между пользователями происходит более рационально. Канальные символы конкретного пользователя передаются

на тех поднесущих, которые меньше всего подвержены искажениям в выделенном канале.

Преимуществом технологии OFDMA является надежность ее работы в условиях многолучевого замирания. Другим достоинством OFDMA можно назвать возможность оценки характеристик канала передачи и реализацию принципов адаптивной модуляции, кодирования и оптимального распределения канальных символов по ортогональным поднесущим. Благодаря этим свойствам, технология множественного доступа OFDMA является одной из наиболее эффективных, применяющихся в мобильных системах связи, и, соответственно, нашла широкое применение в таких высокоскоростных системах, как WiMAX и LTE.

В стандарте LTE применение технологии множественного доступа SC-FDMA отличается особенностью использования нисходящей линии с одной несущей частотой и средним PAPR (PAPR означает пик-фактор, то есть отношение максимальной мощности сигнала к средней). Основным отличием SC-FDMA от OFDMA является исключение взаимного влияния пользователей путем дополнительного введения циклических префиксов с одновременным использованием эффективного семейства эквалайзеров в устройствах приема.

SC-FDMA – это особая гибридная схема передачи данных, которая сочетает в себе сниженные значения PAPR, свойственные системам с одной несущей, таким как (GSM и CDMA), но с большей длительностью символа и более гибким распределением частот.

Основное отличие SC-FDMA от OFDMA состоит в том, что в SC-FDMA проводится дополнительная обработка сигнала на основе преобразования Фурье с целью уменьшения PAPR до требуемого (необходимого) уровня.

В технологии доступа WiFi применяется множественный доступ CSMA/CA с контролем несущей и предотвращением возможных ошибок. Данный метод не позволяет полностью их исключить, однако имеется возможность обработать возникающие ошибки на вышестоящих уровнях.

В системе HSPA применяется технология WCDMA, принцип работы которой основан на кодовом разделении каналов и прямом расширении спектра сигнала с двумя полосами частот, каждая из которых имеет

ширину 5 МГц. Значение максимальной скорости передачи в WCDMA достигает 2 Мбит/с.

В системах ШБД присутствует такая характеристика системы связи, как спектральная эффективность, непосредственно влияющая на число пользователей, которым предоставлен доступ к сети беспроводной связи, пропускную способность канала, эффективность использования частотного ресурса, а также качество предоставляемых услуг. При этом стоимость развертывания системы напрямую зависит от ее спектральной эффективности [3]. При повышении спектральной эффективности увеличивается емкость канала, что соответственно влечет за собой увеличение пропускной способности канала и всей системы в целом.

Одним из важнейших показателей при выборе системы является число типов поддерживаемой модуляции. Возможность перехода от одного типа модуляции к другому при изменении характеристик канала дает преимущество в скорости передачи.

Для удобства анализа множества характеристик систем ШБД, предлагается применить метод круговых диаграмм. Суть метод круговых диаграмм заключается в следующем.

Задается определенный набор характеристик, по которому планируется осуществление анализа и последующего выбора вида системы. Каждая диаграмма разбита на отдельные сектора, имеющие шкалу и соответствующие параметрам сравнения. Показатель шкалы определяется как отношение значения данного параметра конкретной системы к максимальному значению этого параметра среди всех рассматриваемых систем (проводится операция нормирования показателей). Далее, в зависимости от значений того или иного показателя, согласно шкале закрашиваются требуемые участки секторов (или полностью сектора).

Выводы о выборе той или иной системы делают, исходя из максимальной суммарной площади перекрытия секторов. Анализ показал, что наиболее эффективной является система LTE.

Технологии множественного доступа обеспечат высокоскоростной обмен информацией в сетях и системах связи с большим числом абонентов, вследствие чего сегодня представится возможность ведомственным структурам МЧС России более качественно выполнять свои основные задачи, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС.

Список использованных источников

1. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Обеспечение безопасности населения от воздействия опасных экологических факторов и используемые при этом средства защиты // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 3 – 2018. с. 53-57.

2. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Вопросы принятия управленческих решений в случае неопределенности и риска \\ Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-Западного федерального округа России: межвузовский сборник научных трудов. СПб. Выпуск 3 (44), 2018. - с. 18-25.

3. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 2 (2018) – 2018, с. 128-134.

**Формализованное представление системы
пожарного мониторинга состояния объектов**

Ю.Г. Ксенофонов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

На территории Российской Федерации вопрос мониторинга пожароопасной обстановки на удаленных объектах становится все более актуальным. Для более эффективного управления, принятия решений в области предупреждения и ликвидации пожаров, возможных ЧС необходимо обеспечить доставку необходимых информационных данных в соответствующие службы, то есть обеспечить мониторинг пожарной безопасности на объектах [1;2]. От скорости поступления к спасательным службам запроса на помощь зависит время их реагирования и прибытия на место. Использование систем пожарного мониторинга, которые объединяют в себе современные средства обработки информации, связи, передачи данных, делает организацию оказания помощи в чрезвычайных ситуациях, вне зависимости от их характера и масштабов, более оперативной и эффективной.

Для организации мероприятий по мониторингу и прогнозированию возникновения ЧС используются информационные автоматизированные системы, осуществляющие круглосуточное наблюдение за объектом и позволяющие решить задачи защиты населения при возникновении ЧС посредством прогнозирования и принятия упреждающих мер.

Современные возможности инфокоммуникационных технологий и повсеместное применение современных ЭВМ делает актуальными задачи обеспечения надежности, защищенности и доступности сетевых ресурсов в современных мониторинговых системах. В условиях интенсивного развития и широкого применения средств информатизации и автоматизации процессов хранения, обработки и передачи информации задачи разработки таких систем является приоритетными, и нуждаются в тщательной проработке.

Сам по себе мониторинг представляет собой систему контроля и непрерывного длительного наблюдения в пространстве и времени за характеристиками обстановки, связанной с пожарами, а также факторами, способствующими возникновению и развитию пожаров, с целью осуществления необходимых действий и плановых мероприятий

по защите жизни и здоровья людей, и сохранности материальных ценностей, расположенных на объекте [3].

В формализованном виде систему пожарного мониторинга можно представить в виде сложной системы [4], состоящей из множества совокупности объектов, которые могут иметь большой территориальный разброс и не взаимодействовать между собой, и множества технических компонентов системы (как правило, состоящей из извещателей-датчиков), контролирующих параметры объектов и осуществляющие передачу данных о них в главный центр управления и обработки информации (рис. 1).

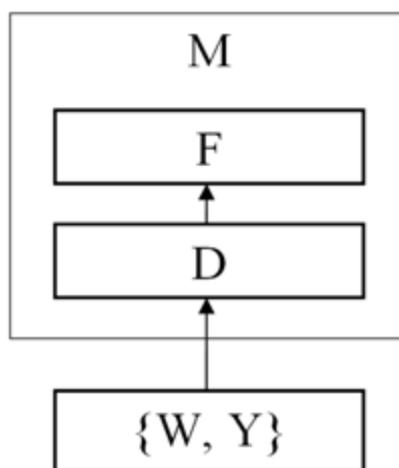


Рисунок 1 - Укрупненная схема системы пожарного мониторинга

На схеме, представленной на рис. 1, введены следующие обозначения: $\{W, Y\}$ – совокупность объектов с изменяющимся пожарным состоянием, и установленной на них системой пожарной сигнализации (ПС), $M = \{D, F\}$ – техническая система пожарного мониторинга. Совокупность объектов $\{W, Y\}$ характеризуется множеством $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ объектов мониторинга и моделью изменения их пожарного состояния Y . Система мониторинга $M = \{D, F\}$ состоит из множества датчиков системы $D = \{d_1, \dots, d_k\}$ и главного центра управления и обработки данных F . Отдельно взятый объект $w \in W$ описывается некоторым вектором свойств $S = \{s_1, \dots, s_m\}$, размерность $|S|$ которого зависит от вида решаемой задачи. Свойства $s_i \in S$ вектора S , в свою очередь, описывают состояние объекта с позиции возможности возникновения пожара. Обобщенная модель Y описывает динамику закона изменения состояния S во времени отдельных объектов $w \in W$.

Информация в главный центр с периферии передается посредством сети Интернет, GSM или по специальным каналам проводной и беспроводной связи.

Для обеспечения достоверности наблюдаемости за объектом системы мониторинга должны обеспечивать получение информации от технических средств мониторинга соответствующими службами в необходимом количестве и качестве при условии выполнения следующих мероприятий:

- проведение организационно-профилактической работы по снижению рисков возникновения пожаров и минимизации наносимого ими материального, экологического ущерба и людских потерь [5];
- анализ и обработку данных о перспективах развития и результатах научных исследований в области предупреждения, автоматического контроля и тушения пожаров [6-8];
- статистическое и системно-аналитическое изучение пожарной обстановки и проработка исходного материала для внедрения целевых программ по управлению пожарными рисками [9];
- создание специализированных информационных систем, электронной базы статических данных причин возникновения пожаров, разработка соответствующего программного обеспечения [10].

В организационном плане мониторинг в обязательном порядке должен соблюдать принцип непрерывности наблюдения за состоянием объекта, учитывая при этом тенденции изменения пожарной обстановки, а также факторы внешнего воздействия на объект.

Система пожарного мониторинга позволяет решать ряд задач, таких как:

- сбор, передача, хранение, анализ и обработка оперативной информации об обстановке на объектах;
- определение тенденций и законов изменения характеристик пожарной обстановки;
- прогнозирование изменений характеристик обстановки на основе полученной достоверной информации;
- прогнозирование последствий воздействия множества факторов на отдельные подсистемы.

Структура системы мониторинга пожарной безопасности представляет собой сложный комплекс программных и аппаратно-технических средств, использующий единое информационное пространство.

На нее возложены следующие основные функции (рис. 2):

- мониторинг состояния объектов, в том числе территориально удаленных;
- дистанционное ручное и автоматическое управление средствами сигнализации, пожаротушения, оповещения и другими противопожарными системами [11];
- непрерывный круглосуточный мониторинг технического состояния ПС на объектах;
- передача и отображение в главном центре управления и обработки информации состояния объектов в режиме реального времени;
- оповещение дежурного персонала, сотрудников, руководства и посетителей о возникновении ЧС на объекте по соответствующим каналам связи.
- оперативный анализ и прогноз верификации измеряемых характеристик для определения опасных направлений и условий развития и возникновения пожара;
- визуализация контролируемых объектов на электронных картах населенных пунктов об общем состоянии объекта, состоянии по отдельному установленному извещателю;
- информирование обслуживающего персонала о всех выявленных отклонениях или нарушениях целостности технической системы объектов с формированием и выдачей рекомендаций для соответствующего принятия решения;
- системный анализ характера верификации контролируемых параметров состояния объекта за отдельные интервалы времени по возможному возникновению пожароопасных ситуаций.

Подготовка системы пожарного мониторинга выполняется в условиях ограничений, таких как, например, стоимость технического оборудования, наличие неблагоприятных климатических условий, площадь территории мониторинга, скорость получения и обработки данных главным центром управления, расстояния от центра до объектов и т.п.[12]. По сути, все перечисленные показатели являются исходными данными для проектирования системы, так как именно они определяют время реагирования и оперативность принятия необходимых мер по устранению очагов возгорания соответствующими службами.

Помимо характерных для систем мониторинга функциональных задач, они позволяют дополнительно осуществлять переключение

режимов работы сети связи, архивацию событий, формирование отчётов, автоматическое обнаружение новых подключаемых устройств, обмен информационными сообщениями между пользователями. Система позволяет также осуществлять планирование работы сети связи в различных режимах, формировать таблицы с текущей загрузкой направлений, линий и трактов сети, перечень задействованных средств связи, используемых каналов с указанием их загрузки в абсолютном и относительном значениях, наблюдать за текущим распределением загрузки физических каналов между системами/потребителями, выводить данные на экран главного центра управления.



Рисунок 2 – Функциональная схема системы мониторинга пожарной безопасности объектов

Организационно-техническая структура системы мониторинга пожарной безопасности включает в себя следующие составные элементы:

- комплексную автоматизацию пожарной безопасности,
- обеспечение территориального распределения узлов системы ПС;
- оснащение объектов системами ПС и автоматического пожаротушения с однотипным оборудованием;

- создание модулей согласования для функционирования в системе разнотипных устройств ПС, автоматических установок пожаротушения между собой и сетью передачи данных;
- организация круглосуточного мониторинга технического состояния оборудования ПС на удаленных объектах, а также объектах, на которых отсутствует круглосуточное дежурство оперативного и обслуживающего персонала;
- автоматическую передачу информации о возникновении ЧС органам государственной противопожарной службы;
- обеспечение возможности подключения новых объектов, модернизации и расширения функциональных возможностей системы.

Мониторинг технического состояния средств ПС представляет собой оперативный сбор информации с извещателей-датчиков. Он позволяет обеспечить наличие актуальных сведений, которые обрабатываются, систематизируются, оцениваются и анализируются цифровым способом, визуально представляются для использования, а затем хранятся в архивах необходимое количество времени и могут быть полезны для составления статистической отчетности. Система автоматического мониторинга технического состояния средств ПС благодаря применению современных программных средств удешевляет процесс контроля технического состояния средств ПС.

Необходимым условием повышения пожарной безопасности объектов является постоянное совершенствование и модернизация систем ПС. Это достигается повышением типов и видов технических средств, эффективности рыночной конкуренции между предприятиями-изготовителями. За последнее время в следствие совершенствования отечественного рынка средств и систем ПС повысилось число сертифицированных изделий ПС – пожарных извещателей. При этом на объектах все чаще стали внедряться адресные и адресно-аналоговые системы ПС.

Одним из современных методов проведения пожарного мониторинга можно назвать применение действующую на объекте автоматизированную систему видеонаблюдения, которая характеризуется сравнительно низкой стоимостью и относительно высокой скоростью доставки в главный центр управления оперативной информации. С точки зрения реализации таких систем можно выделить два направления: первое из них – применение специальных пожарных извещателей-видеодетекторов, второе – использование существующих

на объекте средств видеонаблюдения со вспомогательными задачами обнаружения источника пожара, реагирующие на основные факторы пожара: температуру, дым, излучение. Профессиональный интерес к использованию телевизионных устройств в последнее время обусловлен быстрым развитием цифровых способов обработки сигналов, возможностью их объединения в комплексные системы безопасности.

Для Российской Федерации мониторинг пожаров с использованием современного комплекса технических средств сегодня является наиболее выгодным способом получения оперативной информации о состоянии объектов, учитывая их удаленное расположение.

Модернизация информационных систем, задействованных в мониторинге, предусматривает создание модулей, позволяющих осуществлять управление процессами / потоками, инициацию типовых процессов и назначение задач исполнителям, проведение оперативного контроля выполнения процессов и текущего состояния работ в сфере задач, исполнителей, объектов и центров управления.

Дальнейшее развитие систем пожарного мониторинга в целом позволит вывести на принципиально новый уровень вопрос реагирования сил и средств на пожары и ЧС и реализовать концепцию создания единого информационного пространства, обеспечивающего эффективное взаимодействие сил и служб, ответственных за пожарную безопасность.

Список использованных источников

1. Воронин С.В., Скрипник И.Л. Варианты комплектации беспилотного летательного аппарата для мониторинга окружающей среды // Сборник трудов V международной научно-практической конференции ИНФОГЕО 2018 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий» в двух томах; том 1, СПб: РГГМУ, – 2018, с. 328-332.

2. Савельев Д.В., Скрипник И.Л. Применение мобильного аналитико-технологического комплекса на базе дельталета для защиты окружающей среды // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 4 – 2018. с. 49-53.

3. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Обеспечение безопасности населения от воздействия опасных экологических факторов и используемые при этом средства защиты // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной

академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 3 – 2018. с. 53-57.

4. Скрипник И.Л. Применение понятия сложных технических систем к приборам охранно-пожарной сигнализации // Научно-аналитический журнал. Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности, № 4-2018, с. 12-16.

5. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Кадочникова Е.Н. Анализ снижения пожарной опасности резервуарных парков \ \ Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 4 (48)-2018, с. 15-20.

6. О.А. Рыбин, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Подходы к методологии создания современных образцов пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 4 (2017) – 2017, с. 133-137

7. Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Особенности модификации процедур морфологического анализа технических систем \ \ Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (45)-2018, с. 112-121.

8. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Уменьшение процесса коррозии металла при воздействии переменного частотно-модулированного сигнала \ \ Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (49)-2019, с. 14-24.

9. Бобровская Т.А., Ивахнюк Г.К., Скрипник И.Л. Управление пожарными рисками при осуществлении технологического аудита на предприятиях судоремонтного комплекса // Научно-аналитический журнал. Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. № 1(2018) – 2018. с.31-40.

10. Воронин С.В., Скрипник И.Л. Компьютерные технологии, применяемые в судебной экспертизе \ \ Научно-аналитический журнал. Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности, № 1-2019, с. 10-14.

11. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к созданию современных приборов приемно-контрольных пожарных \ \ Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (46)-2018, с. 105-110.

12. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 2 (2018) – 2018, с. 128-134.

Применение инфокоммуникационных технологий для обеспечения выработки управленческих решений по тушению пожара на потенциально опасных объектах

И.О. Кручинкина^{1,2}, А.А. Страхолис¹

¹ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

²ЦУКС ГУ МЧС России по г. Москве

Введение

Потенциально опасным объектом можно считать предприятие, здание, сооружение, если на них используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаровзрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, а также линейные объекты (это линии электропередачи, линии связи и др.), линейные объекты топливно-энергетического комплекса и т.д., которые создают реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации. Особое внимание уделяется аварийно химически опасным веществам (АХОВ) [1, 2]. Действия личного состава ГПС при пожарах на объектах с наличием значительного объема АХОВ обуславливаются решением задачи по локализации и ликвидации пожара и устранения условий их вторичного возникновения, определяются указаниями [3, 4] и должны проводиться в целом в соответствии с требованиями п.п. 94-97 [5]. Для этих объектов разрабатывается план тушения пожара, в котором определяются средства и способы пожаротушения и защиты личного состава подразделений ГПС от воздействия АХОВ. Указывается состав продуктов горения, средства их нейтрализации в соответствии с аварийными карточками на АХОВ, которые вручаются руководителю при выезде на тушение пожара.

Следует иметь в виду, что в перестроечный период многие предприятия были разорены, их территория перешла в частные руки. В результате помещения начали сдаваться в аренду порой случайным лицам, что существенно осложнило организацию мероприятий по пожарной безопасности.

Рассматриваем случай, когда при прибытии подразделения к месту пожара, руководитель тушения пожара (РТП) сталкивается с несоответствием данных карточки тушения пожара с реальной ситуацией на месте пожара. В этом случае начинается интенсивный информационный обмен «РТП – диспетчер – РТП». Неопределённость поступающей информации о состоянии объекта и несовершенство

информационной и телекоммуникационной составляющей между диспетчером и РТП существенно удлиняет время принятия решения на начало тушения пожара. К настоящему времени имеются технические разработки, которые существенно обеспечат сокращение времени принятия управленческих решений РТП и их эффективность.

Информационная составляющая инфокоммуникационной сети между диспетчером и РТП

ФГБУ ВНИИПО МЧС России совместно с ЗАО «Навигационные системы» (г. Омск) создана «Типовая автоматизированная геоинформационная система поддержки принятия решений и оперативного управления территориальными пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров и ликвидации техногенных аварий и катастроф на объектах, расположенных на территории субъектов Российской Федерации (АГИСППРиОУ)».

В частности на базе АГИСППРиОУ сформирована АГИСППРиОУ-01, которая является автоматизированной геоинформационной системой поддержки принятия решений и оперативного управления подразделениями местного пожарно-спасательного гарнизона при тушении ими пожаров и ликвидации ЧС техногенного, природного и иного характера. Она позволяет создавать следующие АРМы, обеспечивающие автоматизацию выполнения возложенных на них обязанностей:

- АРМ диспетчера пожарно-спасательного гарнизона;
- АРМ Руководитель тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ;
- АРМ специалиста оперативного штаба пожаротушения;
- АРМ оперативного дежурного пожарно-спасательного гарнизона;
- АРМ специалиста службы оперативных дежурных (ОДС) ЦУКС.

Нами проводилось тестирование этой системы. Полученный результат подтверждает заложенные в ней возможности.

Рассмотрим следующую ситуацию. Пусть сигнал о пожаре поступил из АМНТК "Союз" – Центральный административный округ г. Москвы. К настоящему времени основное предприятие выведено за пределы города. На территории осталось только одно здание этого предприятия. Остальные здания отданы предпринимателям, которые в свою очередь сдают их в аренду и не контролируют то, что в них хранится. Поэтому качественный контроль пожарного надзора фактически не возможен. Пусть РТП определил, что в помещении находятся химические вещества в поврежденной таре. Исходя из возможностей АГИСППРиОУ-РТП

(смотри таблицу) он сможет принять правильное решение. В таблице приведены данные, которые относятся только к мероприятиям с АХОВ.

При ликвидации пожаров и аварий на складах (хранилищах) химических веществ система позволяет РТП оперативно решать задачи, связанные с оценкой совместимости веществ между собой и водой. В АГИСППРиОУ хранятся справочные материалы о совместимости между собой и водой более 1000 веществ.

Таблица - Комплексы функциональных задач АГИСППРиОУ-РТП, обеспечивающие автоматизацию их решение при организации пожара в здании с АХОВ

Обязанности РТП [3, 4]	Информационно-расчетная подсистема [6]
<p>обеспечивает выполнение правил охраны труда и техники безопасности личным составом подразделений, участвующим в тушении пожара и проведении АСР, и привлеченных к тушению пожара и проведению АСР сил, доводит до них информацию о возникновении угрозы для жизни и здоровья;</p>	<p>ФЗ “Рекомендации по тушению пожаров и проведению АСДНР” КФЗ “АХОВ и их характеристики”, которая обеспечивает ЛПР следующей информацией:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химические характеристики АХОВ: – средства и способы тушения; – способы защиты личного состава от их поражающего воздействия; – способы оказания доврачебной и врачебной помощи при поражении; – необходимые действия личного состава по нейтрализации АХОВ при их разливе или россыпи. <p>ФЗ “Совместимость веществ и материалов”, которая обеспечивает ЛПР информацией по пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов при их контакте друг с другом и с водой</p>

На рисунке 1 показан пример определения совместимость веществ между собой и водой. Однако для этого необходимо, чтобы мобильная консоль РТП по каналу передачи данных была подключена к базе данных МПСГ. Такую возможность можно получить при переводе системы оперативной связи на платформу УКВ-радиосвязи стандарта DMR. В этом случае РТП будет обеспечен информационный обмен с диспетчером, как по телефонному каналу, так и по каналу передачи данных. При развертывании мобильной телекоммуникационной составляющей в полном объеме дополнительно появляется возможность передачи справочных данных и всем привлекаемым лицам к тушению

пожара. При этом в эту сеть не смогут входить лица, не привлечённые к тушению пожара и проведению АСР. Дополнительно открывается возможность слежения за местом положения и состоянием (он находится в вертикальном или горизонтальном положении) каждого лица, привлекаемого к тушению пожара.

Телекоммуникационная составляющая инфокоммуникационной сети между РТП, диспетчером и другими участниками в тушении пожара

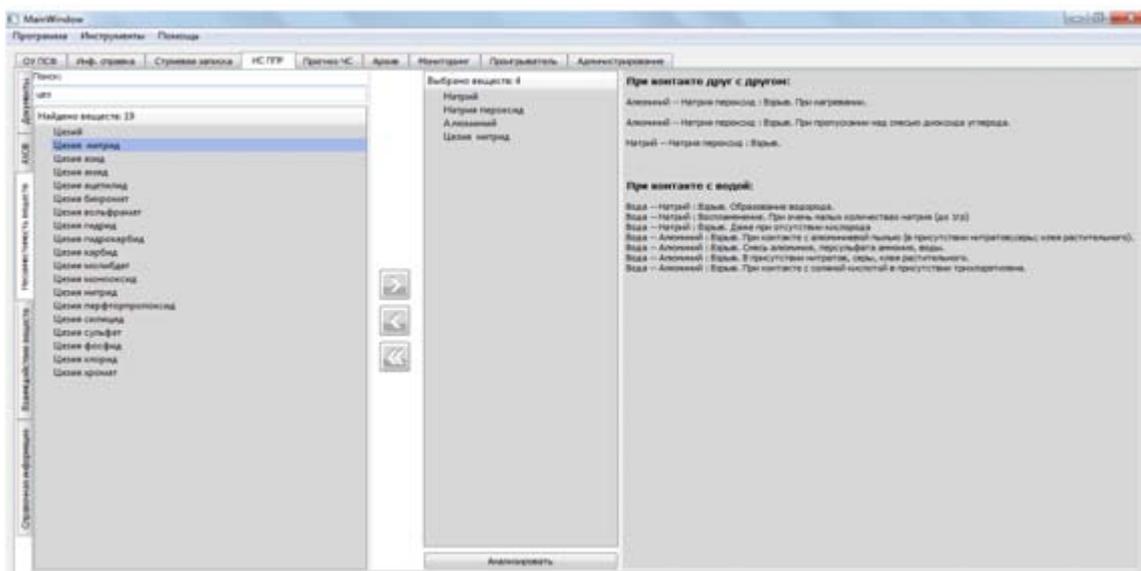


Рисунок 1 – Определение совместимости веществ между собой и водой

В ходе тушения пожара РТП приходится решать множество вопросов, направленных на своевременное сосредоточение сил и средств и их расстановку, обеспечение необходимым количеством огнетушащих средств, введение сил и средств на решающие направления, что обеспечивает скорейшую ликвидацию тушения пожара.

Проведённые нами исследования показывают, что для решения поставленной задачи больше всего подходит применение конвенциональных и транкинговых сетей радиосвязи, построенных на платформе УКВ-радиосвязи стандарта DMR [7].

Протокол DMR охватывает лицензируемые обычные и другие режимы работы. Для построения конвенциональных сетей радиосвязи необходимо применять устройства лицензируемых категории Tier II.

Проведённый нами анализ оборудования радиосвязи стандарта DMR различных производителей показывает, что к требованиям, предъявляемым к системе связи управления пожарно-спасательного

гарнизона ближе всего подходит система цифровой радиосвязи Радиус-IP [8]. В его основе заложена цифровая платформа DMR. Диспетчерское программное обеспечение разработано Элком+. Базовые компоненты системы Радиус-IP показаны на рисунке 2.

Радиус-IP - комплектное серийное изделие высокой степени заводской готовности. Развёртывание его осуществляется в короткие сроки и сразу же может быть адаптировано к объекту Заказчика. Имеется заводская настройка функций и сервисов.



Рисунок 2 – Базовые компоненты системы Радиус-IP

Предусматривается сопряжение со смежными системами. Имеется полноценное АРМ. Компоненты АРМ показаны на рисунке 3.

Автоматизированное рабочее место диспетчера или администратора сети поставляется с установленным диспетчерским программным обеспечением, не требует установки радиооборудования и может находиться на любом удалении от управляемых радиосерверов, подключаясь к ним по IP-каналам.

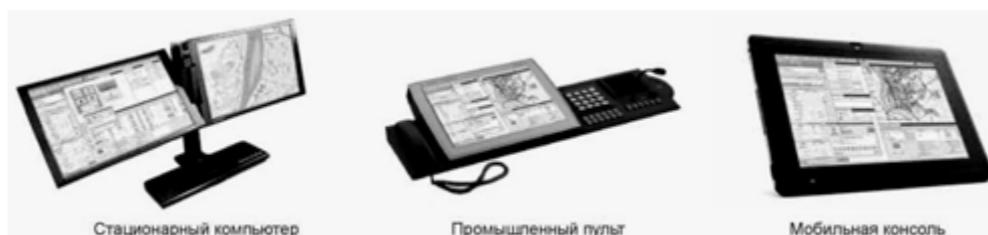


Рисунок 3 – Варианты исполнения АРМ

Пользователями АРМ являются как диспетчеры, так и администраторы сети. По требованию Заказчика АРМ исполняется как стационарный компьютер или моноблок, промышленный пульт, мобильная консоль.

Принцип построения инфокоммуникационных технологий для обеспечения выработки управленческих решений по тушению пожара на потенциально опасных объектах

Внедрение единой системы оперативно-диспетчерской радиосвязи Радиус-IP на локальных объектах (для групп сил и средств местного пожарно-спасательного гарнизона) обеспечивает управление и координацию сил пожарной охраны, непосредственно подчиненные начальнику пожарно-спасательного гарнизона. Это пожарные подразделения ФПС в пределах населенного пункта, а также сил пожарной охраны, переходящие в оперативное подчинение начальнику пожарно-спасательного гарнизона. Это пожарные формирования ФПС, дислоцирующиеся в границах пожарно-спасательного гарнизона, но не находящиеся в непосредственном подчинении начальника пожарно-спасательного гарнизона, а также безопасность ОГ при выполнении ими боевой задачи при ЧС (рисунок 4).

Единая система оперативно-диспетчерской радиосвязи Радиус-IP на локальных объектах обеспечивает возможность осуществления выхода в телефонную сеть пожарно-спасательного гарнизона. Это позволяет сотрудникам, выполняющие боевую задачу при тушении пожара, оставаться на связи с сотрудниками находящимися в офисе. Соединение может осуществляться через диспетчера или напрямую - набором номера с телефона или радиостанции

За счет использования IP-технологии для координации работ на месте пожара диспетчерское место может находиться в любом необходимом месте.

Это позволяет одному диспетчеру (в случае необходимости) руководить несколькими ОГ, без необходимости располагаться непосредственно возле них. При этом могут обеспечиваться следующие виды сервиса: диспетчерская радиосвязь; передача текстовых сообщений и данных; мониторинг системы; шлюз в телефонную сеть; определение местоположения; ведение журнала событий и запись переговоров.

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»

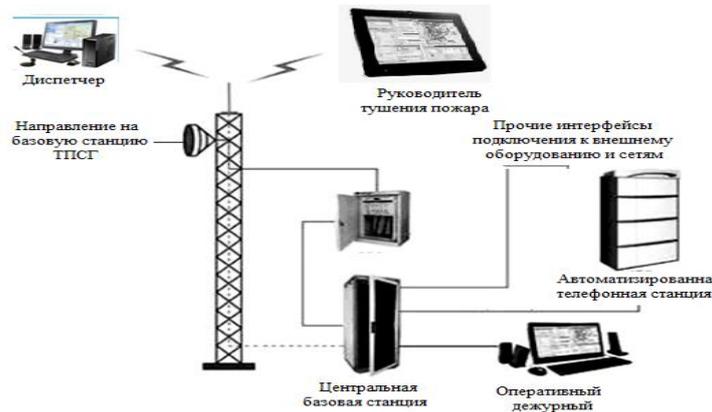


Рисунок 4 – Принцип построения единой системы оперативно-диспетчерской радиосвязи Радиус-IP на локальных объектах

При наличии у задействованных на пожаре лиц планшетов, то по сети радиосвязи можно передать результаты прогноза развития опасных факторов пожара (рисунок 5) (например, прогноз динамики и масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на конкретном химически опасном объекте).

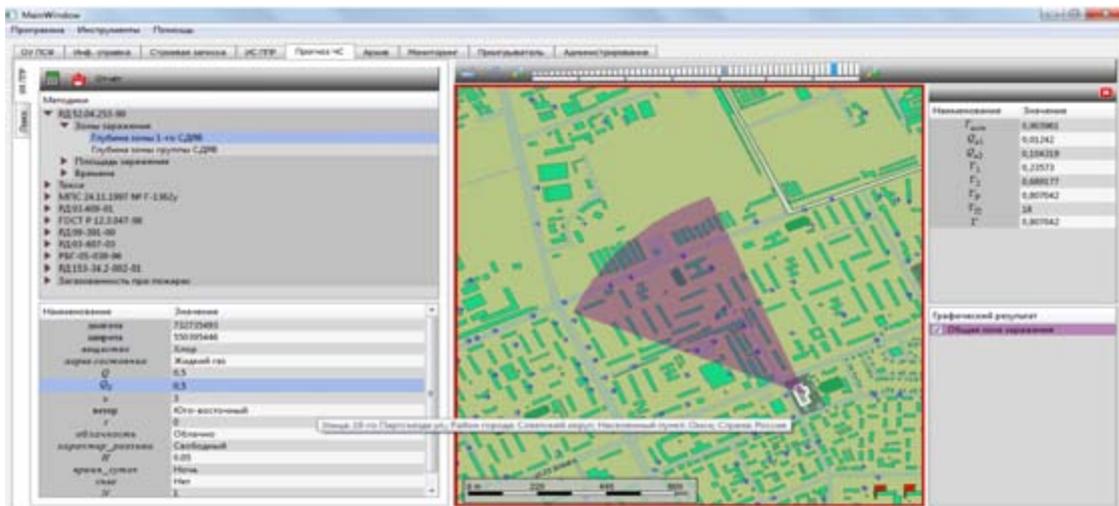


Рисунок 5 – прогноз динамики и масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях

Аналогично можно передать Прогноз (рисунок 6) оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей.

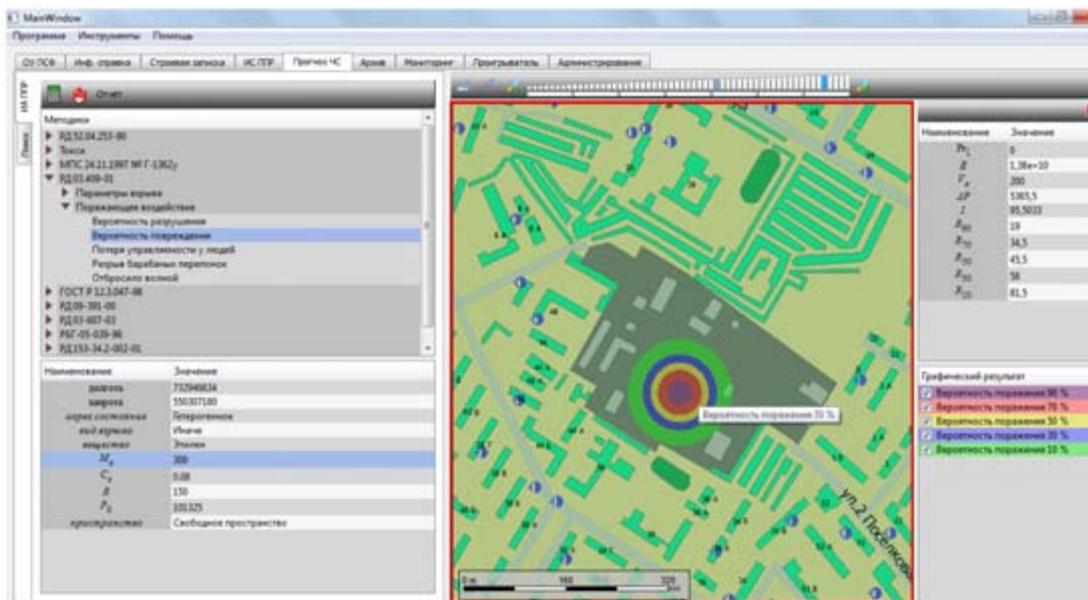


Рисунок 6 – Прогноз оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей

Заключение

Рассмотрен принцип построения системы инфокоммуникационной поддержки принятия управляющих решений РПР при организации тушения пожара на объектах, на которых хранятся и используются АХОВ. Приведён пример построения принцип построения единой системы оперативно-диспетчерской радиосвязи Радиус-IP на локальных объектах.

Список использованных источников

1. Организация защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. / В. А. Седнев, С. И. Воронов, И. А. Лысенко, Е. И. Кошечая, Н. А. Савченко, Н. И. Седых.– М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 229 с.
2. ГОСТ Р 22.1.10-2002 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг химически опасных объектов. Общие требования.
3. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. - М.: Стройиздат, 1987.
4. Терещнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. — М.: Пожкнига, 2004 г. — 256 с.,
5. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего

порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

6. Методические рекомендации по внедрению и организации функционирования автоматизированной геоинформационной системы поддержки принятия решений и оперативного управления подразделениями гарнизона пожарной охраны при предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций, <https://gigabaza.ru/doc/35726-p2.html>.

7. Чивилев Сергей Владимирович DMR — новый стандарт радиосвязи. <http://citforum.ru/nets/articles/dmr/>.

8. Радиус-IP — система цифровой диспетчерской радиосвязи: http://elcomplus.ru/production/tech_svyaz/pmr/sistemy-standarta-dmr/radius-ip-cistema-cifrovoj-dispetcherskoj-radiosvyazi/.

Оценка достаточности мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей на основе BIM – моделирования

Ф.А. Дали, Г.Л. Шидловский, З.М. Исаев

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Анализ известных статистических данных за последние 5 лет о пожарах на объектах с массовым пребыванием людей позволяет утверждать, что среднее количество погибших на таких пожарах ежегодно уменьшается, но соотношение суммарного числа погибших к числу пожаров на таких объектах является относительно неизменным (рис. 1).

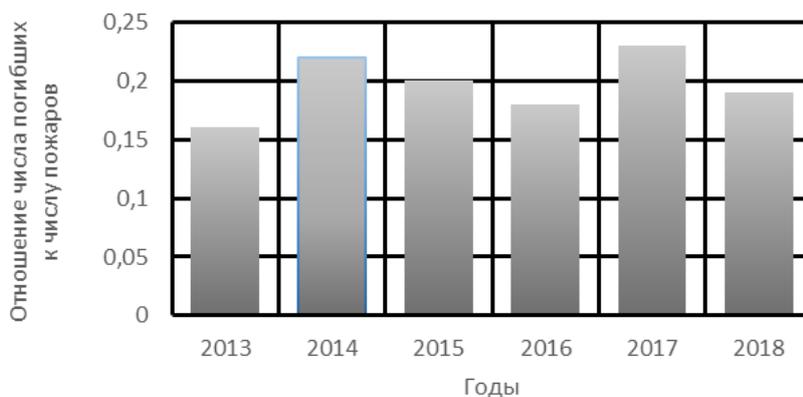


Рисунок 1 – Отношение числа погибших к числу пожаров

Исследования показали, что одной из основных причин является низкий уровень целевого применения автоматизированных систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ), смонтированных и используемых на большинстве отечественных объектов гражданского назначения с массовым пребыванием людей. Также к причинам гибели людей при возникновении пожаров на таких объектах можно отнести и отдельные отклонения технических и функциональных параметров современных СОУЭ от требований нормативных документов, основным среди которых является свод правил СП 3.13130.2009.

Несмотря на широкую номенклатуру современных СОУЭ и их разнообразные функциональные возможности, обеспечить их высокоэффективную работу в условиях чрезвычайных ситуаций на сложных объектах с МПЛ не всегда удается.

Одним из последних и наиболее резонансных примеров такой малоэффективной работы СОУЭ на объектах с МПЛ является трагедия в торговом центре «Зимняя вишня» в Кемерово 25 марта 2018 года, унесшая жизни 60 человек.

После данной трагедии МЧС России были проведены повсеместно масштабные проверки пожарного состояния крупных торгово-развлекательных комплексов и других объектов с МПЛ, результатами которых стали приостановки функционирования данных объектов до полного устранения всех выявленных недостатков и приведения параметров их пожарной безопасности к требованиям нормативных документов. Однако, несмотря на масштабность проведенных мероприятий, кардинально переломить ситуацию с пожарами на объектах с МПЛ не удастся. Только за прошедший после пожара в Кемерово год на подобных объектах было зафиксировано 70 крупных пожаров.

Эффективное решение проблемы снижения пожарного риска, количества человеческих жертв и материального ущерба требует поиска новых высокотехнологичных решений и подходов, обеспечивающих защиту посетителей объектов с массовым пребыванием людей в полуавтоматическом и автоматическом режимах с оперативным учетом динамики распространения опасных факторов пожара (ОФП) и меняющихся параметров объектов защиты. Также, при этом, обязательному учету должны подлежать следующие особенности подобных объектов:

1. Здания с МПЛ (торгово-развлекательные комплексы, спортивные сооружения, крупные медицинские центры и т.п.) занимают огромные площади, в них одновременно могут находиться десятки тысяч человек.

2. Конструктивные и объемно-планировочные решения зданий основаны на использовании строительных конструкций с невысокой огнестойкостью (металлические несущие и ограждающие конструкции, конструкции с использованием полимерных материалов и т.п.).

3. В зданиях с МПЛ в связи с наличием различных по функциональному назначению помещений (торговые залы, кафе и рестораны, кинотеатры, детские аттракционы и т.п.) психологическое и эмоциональное состояние отдельных групп людей может существенно различаться.

В виду указанных особенностей и большого многообразия различных типов помещений в зданиях с МПЛ в случаях возникновения

пожара или других чрезвычайных ситуаций необходимо категорировать на зоны оповещения для успешной эвакуации людей.

Для каждого определённого случая необходимое количества зон оповещения должно формироваться динамически с учетом масштабов и опасности развития чрезвычайной ситуации и индивидуальных особенностей объекта (например – поэтажно, посекционно и т.п.).

В основу разработки таких моделей может быть положена BIM-технология, представляющая собой современную методологию создания и использования единой, структурированной и взаимосвязанной информационной модели (BIM-модели) объектов защиты, процессов их ЖЦ, включая различные чрезвычайные ситуации (ЧС) (рис. 2).



Рисунок 2 - Структурная схема перспективной интеллектуальной СОУЭ объектов с массовым пребыванием людей на основе BIM-модели

Таким образом, применение СОУЭ на основе таких технологий и с предлагаемыми функциональными особенностями должно способствовать значительному повышению уровня принятия управленческих решений при эвакуации людей и спасению материальных ценностей.

Список использованных источников

1. Benes J., Chauvet M., Kamenik O., Kumhof M., Laxton D., Mursula S., Selody J. The future of oil: Geology versus technology //International Journal of Forecasting. — 2015. — Т. 31. — №. 1. — С. 207-221. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2014.03.012.
2. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С., Шароварников С. А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М.: Издательский дом «Калан», — 2002. — 448 с.
3. Пономарев А. Н., Юдович М. Е., Груздев М. В., Юдович В. М. Неметаллическая наночастица во внешнем электромагнитном поле. Топологические факторы взаимодействия мезоструктур //Вопросы материаловедения. — 2009. — №. 4. — С. 59-64.

Применение стандарта цифровой радиосвязи DMR для управления действиями подразделений МЧС России

И.Л. Скрипник

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

На сегодняшний день все более рациональное использование систем радиосвязи в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), пожаров и других происшествий, безусловно, в структуре МЧС России является приоритетным направлением [1]. С учетом быстрого развития информационных и телекоммуникационных технологий, которое позволило значительно повысить качество и эффективность информационного взаимодействия между подразделениями МЧС, постоянно происходит и модернизация средств радиосвязи, что в конечном итоге способствует более оперативным и слаженным совместным действиям ведомственных структур МЧС России.

Сотрудникам МЧС России для исполнения своих непосредственных должностных обязанностей необходима непрерывная, качественная, надежная и четкая разборчивая голосовая связь. Основные требования к системе радиосвязи МЧС России заключаются в том, чтобы данная система рациональным образом сочетала в себе такие качества, как высокая готовность к выполнению задач по предназначению, устойчивость функционирования, мобильность, достаточная пропускная способность, доступность, конфиденциальность, управляемость имеющимися в наличии ресурсами.

С учётом выполнения указанных требований система радиосвязи МЧС России должна обеспечивать:

- потребности управления подразделениями в открытом и защищенном обмене информацией;
- комплексное использование средств радиосвязи совместно с другими видами информационного обмена;
- взаимодействие с системами связи других федеральных органов исполнительной власти и организаций РФ;

Передача речевых сообщений на базе аналогового сигнала, который используется в радиооборудовании предыдущего поколения [2; 3; 4], в полной мере не может быть осуществлена с высоким качеством за счет воздействия на сигнал внешних факторов, непосредственно влияющих на фонетические характеристики и разборчивость речи,

воспроизводимой приемным устройством. Даже при условии использования усилителей и ретрансляторов для передачи слабого сигнала, восстановить первоначальное качество речи не представляется возможным.

В связи с этим, в структуре МЧС России предлагается в качестве оперативных систем передачи информации на основе радиолиний использовать цифровые виды радиосвязи, обладающие свойством коррекции ошибок с целью качественного воспроизведения (восстановления оригинала) речи. Соответственно, для обеспечения надежности функционирования таких систем в подразделениях МЧС должны быть разработаны соответствующие технические решения по организации сетей, использующих кольцевую топологию, и предусматривающих преимущественно централизованное построение с единым центром управления с использованием таких стандартов как TETRA, GSM-R, APCO-25 и DMR.

К основным требованиям к системам радиосвязи стандартов TETRA, GSM-R, APCO-25 и DMR с учетом их технических возможностей можно отнести следующие:

- выполнение режимов так называемого «хендовера» (непрерывного обмена информацией между центром управления и подвижным объектом);
- сокращение времени установления соединений при условии постоянного контакта между единым центром управления и подвижными объектами в режиме группового соединения;
- корректировка скорости передачи данных (применение избыточных кодов, проверка достоверности информации при различных, в том числе неблагоприятных, условиях распространения радиоволн и т.д.).

Важнейшим основополагающим фактором при выборе стандарта цифровой системы радиосвязи является перспектива долгосрочного его применения и дальнейшего развития, возможность наращивания скорости передачи информации и увеличения количества абонентов сети при заданном уровне качества обслуживания.

Наиболее оптимальным из рассматриваемых стандартов подвижной радиосвязи является DMR (Digital Mobile Radio), который обеспечивает высокое качество связи при достаточно малом времени на установление соединения между абонентами (до 0,2 с), и максимальную скорость передачи данных 36 кбит/с, причем все эти характеристики сохраняются при сравнительно низком соотношении сигнал/шум.

Указанный стандарт также позволит повсеместно осуществить плавный переход от аналогового к цифровому виду радиосвязи.

Технические возможности, заложенные в DMR, дают возможность осуществлять передачу речевой и текстовой информации, и а также обеспечить ряд дополнительных услуг в используемых МЧС России диапазонах 136 – 174 МГц и 403 – 470 МГц с сеткой шагом 12,5 кГц. Следует отметить, что стандарт DMR позиционируется как открытый, и его внедрение в дальнейшем предполагает совместимость оборудования различных производителей. Это, в свою очередь, обеспечит возможность объединения сетей подвижной радиосвязи, использующих различные стандарты, для решения задач организации оперативного взаимодействия подразделений МЧС России с органами государственной власти, силовых структур, а также с объектами транспортной инфраструктуры.

Практически все производители современных средств радиосвязи постепенно переходят на производство только цифровых средств радиосвязи. Помимо того, что эти устройства достаточно надежно функционируют в цифровом формате, они также сопрягаются с различными видами аналоговых систем, что позволяет осуществить плавный переход на цифровые виды связи без единовременной замены всех действующих радиостанций одновременно.

К преимуществам цифрового канала стандарта DMR можно также отнести возможность реализации узкополосной передачи, что обеспечивает передачу речевого сообщения с минимальным объемом передаваемых данных, используя специальный протокол NXDN и вокодер AMBE+2. При этом достаточно всего лишь ширины полосы частот в 6,25 кГц, что составляет половину ширины полосы стандартных аналоговых технологий 12,5 кГц, а применение методов обработки и коррекции ошибок способствуют повышению разборчивости речи даже при сильном зашумлении канала.

В основе технологии DMR заложен принцип множественного доступа с разделением по времени TDMA с двумя слотами, что дает возможность поддерживать два одновременных сеанса связи в одной частотной полосе 12,5 кГц, то есть стандартный канал с полосой 12,5 кГц содержит в себе два канала с полосой 6,25 кГц, которые разделены во времени и передаются попеременно один за другим.

Следует отметить еще одно важное преимущество применения технологии DMR. Радиостанция, настроенная на один из каналов

в режиме «ПЕРЕДАЧА» реально излучает только половину времени, и, следовательно, потребляет в два раза меньше энергии, при этом экономия заряда аккумуляторной батареи, исходя из условий эксплуатации, радиостанции может достигать 25-35%.

Одновременное использование двух частотных полос дополнительно дает также возможность реализации таких функций, как, удаленный контроль, приоритетный аварийный вызов, одновременная передача голосовых и текстовых данных, аналоговый режим работы и др. На практике второй временной слот можно использовать для передачи, например, данных о местоположении или данных другого терминала, то есть параллельно речевым данным. Также, при наличии в переносных средствах связи встроенного приемника ГЛОНАСС / GPS, может быть осуществлена передача информации о местоположении подвижного в виде коротких текстовых сообщений. Эта функция достаточно востребована, так как отсутствует возможность оснащения всех сотрудников аппаратурой, регистрирующей их местоположение, что существенно экономит время и денежные средства на развертывание дополнительных систем мониторинга [5]. Также передача текстовых сообщений может применяться для уточнения обстановки с места ЧС.

Цифровые радиостанции, собственно как и аналоговые, имеют примерно одинаковую чувствительность на приеме, однако, при одинаковой выходной мощности радиостанции DMR, в которых осуществляется цифровая обработка сигнала, имеют большую зону покрытия при сохранении высокого качества связи.

При помощи стандарта DMR можно осуществлять и передачу телеметрической информации. Например, с базовой станции имеется возможность управлять удаленными радиостанциями, в частности, дистанционно включить микрофон, или в случае, когда сотрудник не реагирует на вызовы, полностью отключить средство связи без возможности его дальнейшего использования.

Таким образом, внедрение стандарта DMR в системы подвижной радиосвязи МЧС России поможет повысить такие показатели, как:

- оперативность передачи информации, как в дежурном режиме, так и в момент ликвидации ЧС;
- эффективность взаимодействия подразделений при ликвидации ЧС и тушении пожаров [6];

- скорость и надежность доставки информации к органам управления и должностным лицам, как в структуре МЧС России, так и к внешним взаимодействующим службам;
- уровень конфиденциальности информации при осуществлении мероприятий в области снижения рисков возникновения ЧС на объектах;
- производительность системы мониторинга и прогнозирования ЧС и пожаров;
- сокращение финансовых затрат на разработку, внедрение и эксплуатацию систем радиосвязи [5].

В дополнении следует отметить, что в стандарте TETRA не реализуется режим Simulcast, обеспечивающий переход из зоны действия одной базовой станции к зоне покрытия другого рядом стоящего ретранслятора без переключения, в том числе и в течение сеанса связи.

Так как стандарт DMR постоянно совершенствуется, с каждым годом расширяется спектр дополнительных функций, ранее не доступных для средств подвижной радиосвязи.

Поэтому применение стандарта цифровой радиосвязи DMR для управления действиями подразделений МЧС России в настоящее время является актуальным, перспективным направлением.

Список использованных источников

1. Савельев Д.В., Скрипник И.Л. Применение мобильного аналитико-технологического комплекса на базе дельталета для защиты окружающей среды // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 4 – 2018. с. 49-53.
2. О.А. Рыбин, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Подходы к методологии создания современных образцов пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 4 (2017) – 2017, с. 133-137.
3. Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Особенности модификации процедур морфологического анализа технических систем // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (45)-2018, с. 112-121.
4. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к созданию современных приборов приемно-контрольных пожарных // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (46)-2018, с. 105-110.

5. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 2 (2018) – 2018, с. 128-134.

6. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Обеспечение безопасности населения от воздействия опасных экологических факторов и используемые при этом средства защиты // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 3 – 2018. с. 53-57.

Компьютерная программа расчета основных сил и средств для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при разрушениях зданий

С.Н. Блинов, Т.А. Саулова

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева

В современном мире информационные технологии занимают первостепенное значение. В первую очередь, достижения информационных технологий нашли свое отражение в областях, использующих вычислительную математику. Они применяются повсеместно, осуществляя за секунды огромное количество операций, которые порой невозможно выполнить вручную.

В чрезвычайных ситуациях оперативность и результативность принятия управленческих решений, от которых зависит жизнь многих людей, оказавшихся в завалах, своевременность локализации и ликвидации очагов поражения, нельзя переоценить.

Главной целью проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) при разрушениях зданий является спасение пострадавших, заблокированных в разрушенных помещениях.

В связи с этим была поставлена задача – разработать компьютерную программу для оперативного расчета количества и оснащения сил и средств, требуемых для проведения АСДНР при разрушениях зданий.

В ходе анализа предметной области были проанализированы формулы, участвующие в методике расчета основных сил и средств при выполнении аварийно-спасательных работ [1] по следующим разделам:

1. Численность личного состава формирований, участвующих в спасательных работах;
2. Численность личного состава формирований, участвующих в других неотложных работах;
3. Численность инженерной техники, привлекаемой для проведения АСДНР;
4. Численность сил для охраны общественного порядка.

В результате была выявлена зависимость между формулами и параметрами, используемые в данной методике.

На рисунке 1 представлена модель для расчета численности личного состава формирований, участвующих в спасательных работах. Она изображена в виде ориентированного графа, отображающего зависимость между большим количеством формул, которые используются в данной методике.

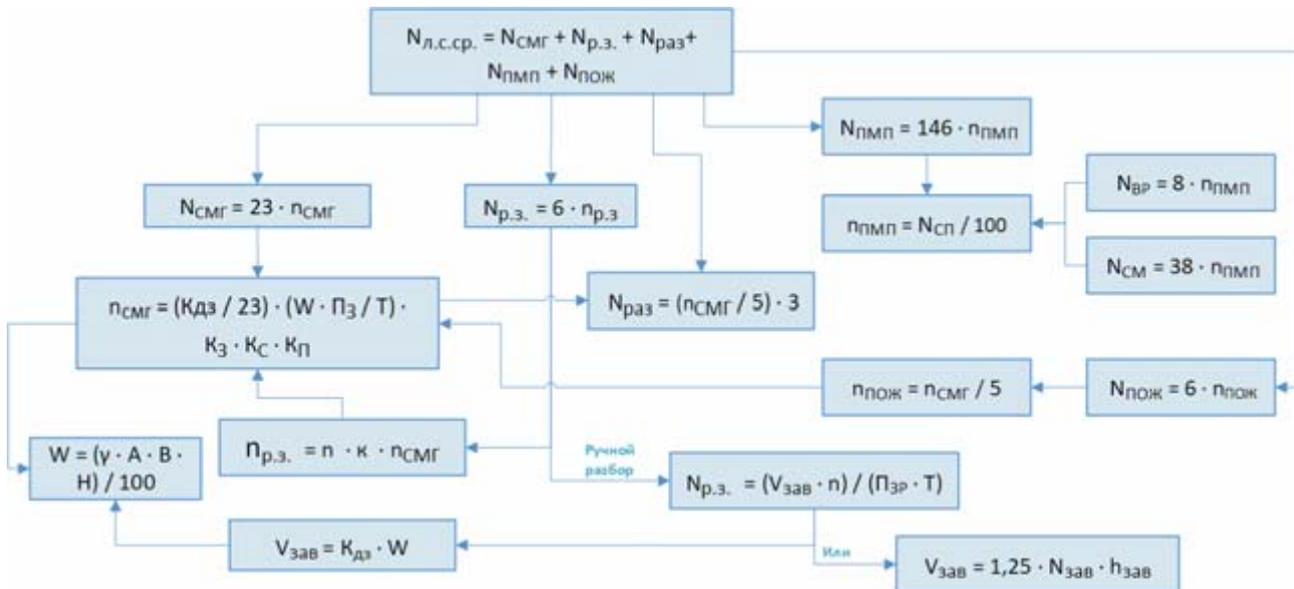


Рисунок 1 - Модель расчета численности личного состава формирований, участвующих в спасательных работах

На рисунке 2 представлена модель для расчета численности личного состава формирований, участвующих в других неотложных работах.

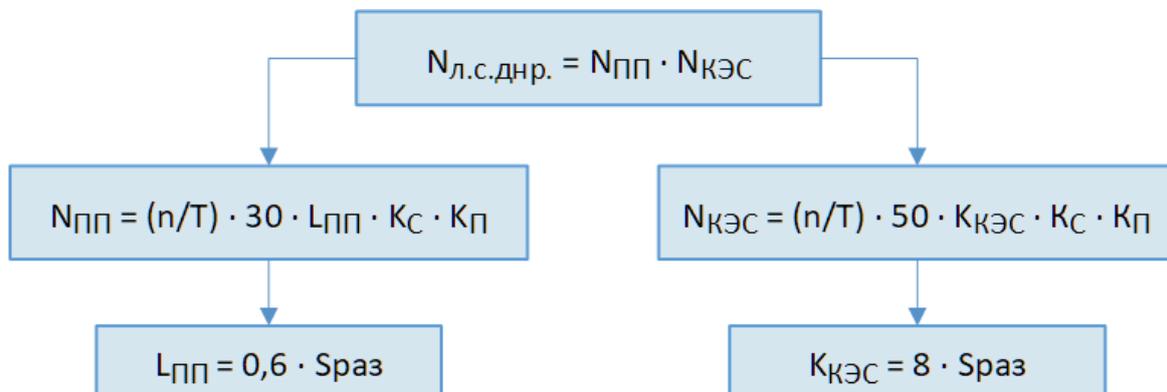


Рисунок 2 - Модель расчета численности личного состава формирований, участвующих в других неотложных работах

В результате анализа полученных моделей, а также других формул, участвующих в рассматриваемой методике был определен перечень входных, выходных и справочных параметров, необходимых для выполнения расчетов.

Входные параметры:

- «Завал будет разбираться вручную» – чекбокс;
- «Будут использоваться СИЗ» – чекбокс;
- Тип здания – выбор из списка;
- Материал стен – выбор из списка;
- «Рассчитать объем завала по параметрам здания» – чекбокс;
- $h_{зав}$ – Высота завала;
- $N_{зав}$ – Предполагаемое количество людей в завале;
- $V_{зав}(W)$ – Объем завала;
- $S_{раз}$ - Площадь разрушения;
- t – Температура воздуха;
- A – Длина здания;
- B – Ширина здания;
- H – Высота здания;
- $N_{сп}$ – Количество санитарных потерь;
- $n(пп)$ – Количество смен на подъездных путях;
- $n(кэс)$ – Количество смен на КЭС;
- $n(р.з)$ – Количество смен звеньев ручной разборки в сутки;
- T – Предполагаемое время выполнения спасательных работ.

Выходные параметры:

- $N_{л.с.сп.}$ – Общая численность личного состава формирований, участвующих в спасательных работах;
- $N_{смг}$ – Количество личного состава, необходимого для комплектования сводных механизированных групп;
- $n_{смг}$ – Общее количество сводных механизированных групп;
- Количество смен сводных механизированных групп в сутки;
- $N_{раз}$ – Общее количество разведчиков;
- $n_{р.з}$ – Общее количество звеньев ручной разборки;
- $N_{р.з}$ – Количество личного состава для укомплектования звеньев ручной разборки;
- $N_{пмп}$ – Общая численность личного состава отрядов первой медицинской помощи;
- $n_{пмп}$ – Количество отрядов первой медицинской помощи;
- $N_{вр}$ – Общее количество врачей;
- $N_{см}$ – Общее количество среднего медицинского персонала;
- $N_{пож}$ – Общая численность пожарных;

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»

- $n_{\text{пож}}$ – Потребное количество пожарных отделений;
- $N_{\text{л.с.днр}}$ – Общая численность личного состава, участвующего в других неотложных работах;
- $N_{\text{пп}}$ – Численность личного состава, участвующего в расчистке подъездных путей;
- $N_{\text{кэс}}$ – Потребная численность личного состава аварийно-технических команд для ликвидации аварий на КЭС;
- $\Sigma N_{\text{л.с.днр}}$ – Общая численность личного состава формирований для проведения АСДНР;
- $N_{\text{тех.смг}}$ – Количество инженерной техники для спасательных механизированных групп из расчета, что каждая группа укомплектовывается бульдозером, экскаватором, автокраном и компрессором;
- $N_{\text{б.пп}}$ – Количество бульдозеров для расчистки подъездных путей;
- $N_{\text{тех.кэс}}$ – Потребное количество инженерной техники для ликвидации аварий на КЭС;
- Количество силовых и осветительных электростанций, по 1 шт. на 100 чел.;
- Количество компрессорных станций и сварочных аппаратов, по 2 шт. на 100 чел.;
- $n_{\text{ооп}}$ – Количество патрульных постовых звеньев для охраны общественного порядка;
- $N_{\text{ооп}}$ – Численность личного состава охраны общественного порядка.

Справочные параметры:

- Тип здания;
- Материал стен;
- Коэффициенты (k), учитывающие погодные условия, время суток, структуру завала и снижение производительности в темное время суток;
- $k_{\text{дз}}$ – Доля завала для разборки, принимаемая равной 0,15.

На основе полученных результатов анализа методики АСДНР была разработана компьютерная программа, предназначенная для автоматизации расчета основных сил и средств, привлекаемых для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, призванная решить проблему оперативного реагирования подразделений МЧС России при разрушениях зданий и сооружений.

Программа написана на языке программирования C# с использованием технологий WPF, MVVM и графической библиотеки Material Design In XAML [2; 3]. Разработанная программа имеет интерфейс в стиле Material Design и может использоваться

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»

на компьютерах с операционной системой Windows Vista SP2 или новее, и .NET Framework 4.5.2.

На рисунке 3 изображен интерфейс программы. В левой части экрана расположены два блока для указания пользователями входных параметров: сведения о разрушениях, условия выполнения спасательных работ.

По нажатию на кнопку «Рассчитать силы и средства» выполняется расчет всех выходных параметров, полученные значения заносятся в соответствующие поля в правой части экрана в разбиении по следующим блокам:

1. Численность личного состава формирований, участвующих в спасательных работах;
2. Численность личного состава формирований, участвующих в других неотложных работах;
3. Инженерная техника, привлекаемая для проведения АСДНР;
4. Силы для охраны общественного порядка;
5. Исходные данные.

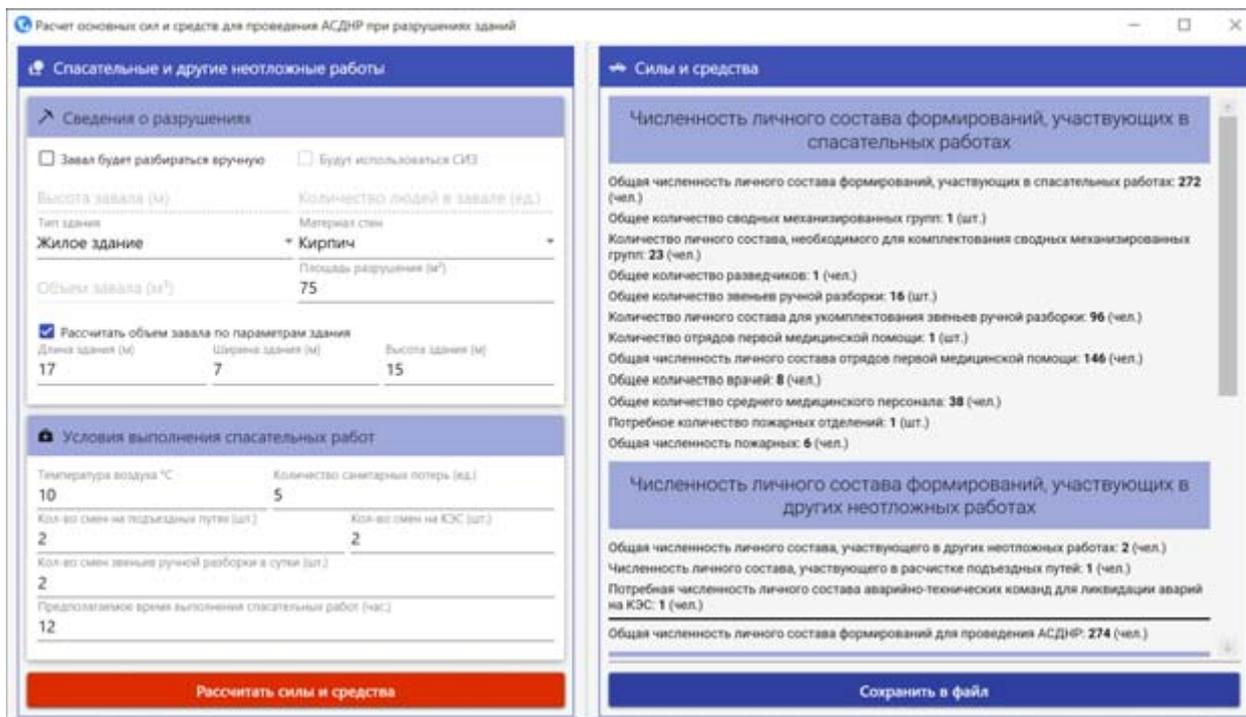


Рисунок 3 - Интерфейс программы

Также в программе обеспечена возможность сохранения полученных результатов расчетов в файле формата .rtf путем нажатия на кнопку «Сохранить в файл».

Представленная компьютерная программа позволяет не только оперативно рассчитать и применить требуемое количество сил и средств реагирования, но и осуществить превентивный прогноз необходимого времени для проведения АСДНР в зависимости от наличия сил и средств, а, следовательно, прогноз потерь и ущерба, осуществить превентивное планирование мероприятий и существенно уменьшить последствия чрезвычайных ситуаций.

Программа может быть использована службами экстренного реагирования МЧС России, а также при реализации процесса обучения в высших учебных заведениях студентами гуманитарно-технических специальностей всех направлений подготовки в рамках изучения дисциплин «безопасность жизнедеятельности», «управление техносферной безопасностью», «безопасность в чрезвычайных ситуациях».

Список использованных источников

1. Харисов Г.Х., Калайдов А.Н., Фирсов А.В. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: курс лекций. – М.: Академия ГПС МЧС, 2012. – 247 с.
2. MSDN – Сеть разработчиков Microsoft [Электронный ресурс] – URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru> (дата обращения: 05.10.2019).
3. Material Design In XAML [Электронный ресурс] – URL: <http://materialdesigninxaml.net> (дата обращения: 05.10.2019).

Прогнозирование развития обстановки, связанной с лесными пожарами, и единый подход к расчету сил и средств по их тушению на территории Республики Тыва

И.Ю. Муравьев¹, В.В. Лащинский²

¹ФКУ «Центр управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Республике Тыва»

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Многие катастрофы и стихийные бедствия нельзя предотвратить, поэтому борьба за уменьшение ущерба и потерь от них является важным элементом государственной политики страны, в основу которой должны быть положены прогнозирование и своевременное предупреждение людей о грядущем бедствии. Поэтому мониторинг и прогнозирования ЧС – одно из приоритетных направлений деятельности МЧС России. Данная функция на территории республики возложена на структурное подразделение ФКУ «ЦУКС ГУ МЧС России по Республике Тыва» (далее ЦУКС ГУ) - отдел мониторинга и прогнозирования.

В последние годы на территории Республики Тыва лесные пожары охватывают обширные территории, приносят колоссальный ущерб лесному фонду, создают угрозы перехода на населенные пункты. Неоднократно вводился режим «Чрезвычайная ситуация» регионального характера. В настоящее время на территории Республики Тыва 16 населенных пунктов расположены непосредственно в лесном массиве, прилегают к нему 19 населенных пунктов и 13 социально значимых объектов (детские лагеря, пансионаты).

Наземная зона мониторинга на территории Республики Тыва отсутствует, около 80% лесного фонда находится в авиационной зоне мониторинга и 20 % в зоне космического мониторинга 1-ого уровня. Большинство пожаров в регионе возникает в весенний период – апрель, май. В основном это связано с созданием ранних условий пожарной опасности в степных районах республики. Летний период на этом фоне выглядит менее пожароопасным, наименьшее число летних пожаров приходится на июль. Конец пожароопасного сезона при наличии установившейся дождливой осенней погоды или образовании снегового покрова – это вторая – третья декада октября или начало ноября.

Одной из основных задач государственной политики в области защиты населения и территорий от лесных пожаров является их раннее обнаружение и ликвидация. К основным функциям органа повседневного управления РСЧС муниципального и регионального уровней относятся [1]:

- выявление на ранней стадии очага пожара;
- оперативное доведение информации до органов местного самоуправления;
- направление сил и средств муниципального звена ТП РСЧС, в том числе привлечение патрульных, патрульно-маневренных и маневренных групп к месту пожара;
- прогнозирование развития обстановки;
- проведение авиаразведки силами ГАУ Республики Тыва «Тувинская база авиационной охраны лесов от пожаров» в сложной горной таежной местности с предоставлением точных координат;
- направление подразделений ФПС при нахождении очага пожара в 5-ти километровой зоне от населенного пункта.

Специалистами отдела мониторинга и прогнозирования ЦУКС ГУ в круглосуточном режиме проводится работа по сбору, анализу статистических данных, космическому мониторингу термических аномалий, погодных условий, в частности ветряной нагрузки (скорость и направление), грозовых разрядов, осадков, температуры окружающей среды, опасных и неблагоприятных метеорологических явлений. Вся эта информация анализируется, собирается, и формируется в прогноз с моделью развития обстановки. Также используется информация с различных геоинформационных, аналитических систем МЧС России, информационных систем федеральных и территориальных органов власти, онлайн ресурсов сети интернет. Таким образом, специалист оперативной дежурной смены затрачивает много времени, чтобы всю эту информацию собрать, проанализировать, смоделировать развитие обстановки и довести результаты до заинтересованных лиц.

Актуальность работы вызвана необходимостью объединения информационных систем и ресурсов с целью сокращения времени анализа и моделирования развития ситуации, принятие решений на привлечение сил и средств, информирование населения, минимизации материального ущерба лесному фонду и населению.

В основу модели ставится «программно-расчетный модуль анализа и управления рисками при лесных пожарах» САУР. Для проведения

расчета специалист вводит вручную исходные данные очага пожара (координаты), погодные условия, полученные от:

- наземных патрульных групп;
- авиационного мониторинга;
- космического мониторинга;
- метеорологической службы.

Системой САУР разрабатывается модель развития обстановки по наихудшему сценарию, однако при формировании модели данные по привлечению сил и средств, требуемых на ликвидацию пожара, отличаются от расчета сил и средств других методик. Оперативно-дежурная смена ЦУКС ГУ для расчета сил и средств, необходимых для тушения лесных пожаров, использует как основную методику [2], ранее разработанную Сибирским региональным центром МЧС России. Региональная диспетчерская служба охраны лесов Республики Тыва при расчете сил и средств использует свой ресурс ИСДМ – Рослесхоз. Специалисты НЦУКС в расчете сил и средств используют алгоритм Щетинского Е.А. [3]. Таким образом, получается 4 варианта расчета сил и средств, необходимых для тушения лесного пожара. При этом итоговые результаты 4-х расчетных алгоритмов отличаются значительно.

Рассмотрим показатели активного горения, которые непосредственно должны влиять на расчет сил и средств.

Указанием ФКУ «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» от 23.08.2019 № 2963-11-5 при подготовке доклада в разделе лесопожарной обстановки предлагается указывать площадь активного горения (что соответствует данным региональных диспетчерских служб (управлений) по субъектам РФ, как площадь, пройденная огнем за сутки на обслуживаемых и действующих пожарах).

По данным ИСДМ – Рослесхоз имеется расчет только «длины кромки пожара» (минимальной, средней, максимальной).

Расчет «площади активного горения» в ИСДМ - Рослесхоз отсутствует, в связи с чем включить в доклад достоверную информацию не представляется возможным. В Методике инструментального замера площади лесного пожара [4] такое понятие не предусмотрено. В «карточке учета лесных пожаров» указанный показатель также отсутствует.

На основании вышеизложенного, с целью формирования единого подхода предлагается:

- заменить понятие «площадь активного горения» на «длину кромки пожара», считая величину непостоянной, зависящей от времени её определения;
- ввести понятие «площадь, пройденная огнем», которую считать как разницу между площадями соответствующего периода;
- не допускать в локализованных пожарах понятие «длины кромки пожара» (раннее «активная площадь пожара»);
- в донесениях и докладах использовать единые понятия, отражающие развитие пожара;
- при расчете количества сил и средств, необходимых для тушения лесного пожара использовать в работе САУР АИУС РСЧС-2030, как основной ресурс, интегрирующий алгоритмы и банки данных министерств и ведомств РСЧС;
- при расчете количества сил и средств, необходимых для предупреждения и тушения лесных пожаров на территории региона, когда введен особый противопожарный режим, использовать методику [2].

Так же необходимо проведение дополнительных исследований по определению корректирующих коэффициентов, учитывающих рельеф (горная местность, равнина) и удаление от населенных пунктов. Необходимо понимать, что в горной местности оперативное тушение и увеличение группировки возможно осуществить преимущественно только пожарными авиадесантниками. Отдельно необходимо провести корректировку и уточнение по используемым видам техники. Дело в том, что в расчетах просто указывается количество техники, но доставка и использование специальной техники для тушения лесных пожаров в горной местности не представляется возможной, следовательно, рекомендации на увеличение специальной техники являются невыполнимыми. Необходимо использовать, в том числе расчеты альтернативных методов тушения лесного пожара, например с использованием взрывчатых веществ [5, 6].

После этого целесообразным является доработка программно-расчетного модуля анализа и управления рисками при лесных пожарах «САУР» и его дальнейшее использование в единой системе расчета и получения данных АИУС РСЧС-2030 [7] с учетом поправочных коэффициентов и вышеизложенных рекомендаций.

Список использованных источников

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2003 №794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

2. Методика по расчету привлечения граждан, организаций и территориальных подсистем РСЧС к работе по предупреждению и тушению лесных пожаров. / Сибирский региональный центр МЧС России, 2017.

3. Щетинский Е.А. Спутник руководителя тушения лесных пожаров. М: ВНИИЛМ, 2003.

4. Приказ Минприроды Российской Федерации от 23.06.2014 № 275 «Об утверждении методики инструментального замера площади лесного пожара» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 18.08.2014 N 33621).

5. Остановить огонь взрывом [Электронный ресурс] // Официальный сайт ФБУ «Авиалесоохрана». – Режим доступа: <https://aviales.ru/default.aspx?textpage=274>.

6. Н.П. Копылов, Е.А. Москвиллин, В.Г. Жарков, Е.Ю. Сушкина Тушение очагов пожара взрывом: методы и способы. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/tushenie-pozhara-vzryivom/>

7. Приказ МЧС России от 01.10.2019 № 549 «О вводе в постоянную (промышленную) эксплуатацию и утверждении Положения о Многоуровневом сегменте АИУС РСЧС-2030 на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях».

Оценка готовности подразделений пожарной охраны к обеспечению безопасности

А.Н. Рогинский, А.П. Сатин

ФГБОУ ВО АГПС МЧС России

Обеспечение безопасности - способ организации жизнедеятельности личности, общества и государства, а также система специальных мер, направленных на предупреждение, локализацию и устранение угроз их существованию и развитию [1]. Основными силами, которые отвечают за пожарную безопасность, являются пожарно-спасательные подразделения. На них возложены следующие задачи: профилактика пожарных ситуаций, эвакуация людей из горящих зданий и строений, спасение особо ценного имущества, оказание первой неотложной медицинской и психологической помощи пострадавшим; осуществление аварийно-спасательных работ и проведение работ по тушению пожаров.

Подразделения пожарной охраны можно классифицировать следующим образом: государственная противопожарная служба; муниципальная пожарная охрана; ведомственная пожарная охрана; добровольная пожарная охрана и частная пожарная охрана.

На сегодняшний день только для государственной противопожарной службы разработана теоретическая и практическая база оценки деятельности подразделений ПО к обеспечению безопасности.

Согласно требованиям Федерального закона №69 «О пожарной безопасности», остальные подразделения пожарной охраны могут автономно определять порядок реализации своей деятельности при условии согласования их с ГПС [2]. Отдельно стоит отметить частную пожарную охрану, для которой определена еще большая степень самостоятельности.

В конце 80-х годов прошлого столетия учеными были разработаны модели для определения необходимого числа подразделений ПО. Применение этих моделей позволяло определить границы районов выезда пожарной охраны. В конце прошлого столетия также были созданы теоретические основы проектирования деятельности подразделений ПО в городах, разработаны нормативы боевой работы и технической оснащенности подразделений ПО [3]. Немного позднее

появились имитационные модели деятельности подразделений ПО, воспроизводившие процессы с определенной степенью точности [4].

Однако, начиная с 2001 года (подразделения ГПС вошли в состав МЧС России) функции пожарной охраны значительно расширились. Подразделения ПО стали привлекаться к ликвидации различных чрезвычайных ситуаций, изменились требования к людским и техническим ресурсам. Последние требования не отображены в разработанных моделях деятельности подразделений ПО.

Анализ существующих на сегодняшний день методов оценки степени готовности подразделений ПО к обеспечению пожарной безопасности указывает на то, что этим методам свойственны недостатки, не позволяющие в полной мере оценить способность подразделения, а также сотрудников ПО максимально результативно выполнять поставленные перед ними задачи [5].

Отметим ряд выявленных особенностей. Во-первых, довольно часто пожар распространяется на большую территорию из-за несвоевременного обнаружения горения или из-за запоздалого информирования служб пожарной охраны. Это говорит о слабом уровне технического оснащения объектов пожарной охраны и о частом намерении утаить возникшее возгорание.

Во-вторых, регулярно утаиваются промахи и оплошности РТП, скрываются факты слабой подготовленности сотрудников пожарной охраны. Во избежание дополнительных проверок, руководящий состав ПО, не показывает реальные причины, которые привели к увеличению масштаба пожара.

В-третьих, значительное расстояние от подразделений ПО до места пожара является так же существенным фактором, оказывающим влияние на развитие пожара до значительных размеров.

Таким образом, на основании рассмотренного выше, желательно приумножить количество пожарных частей. Необходимо на основании системного подхода определить степень готовности подразделений ПО и важнейшие параметры, характеризующие деятельность пожарных подразделений. Параметры должны поддаваться количественной оценке и позволять найти количественные закономерности в рамках оперативной деятельности подразделений ПО. Так, необходимо оценить число оперативных пожарных подразделений, выезжающих на вызовы; частоту самих выездов; продолжительность выездов подразделений ПО и т.д.

Анализируя показатели оценки готовности подразделений пожарной охраны к обеспечению пожарной безопасности, можно обнаружить причины возникновения текущих проблем и обозначить мероприятия повышения степени готовности подразделений ПО к обеспечению безопасности.

Для объективной оценки готовности подразделений ПО к обеспечению пожарной безопасности, анализируемые показатели организации деятельности необходимо разделить на подгруппы, объединенные по направленности и по признаку значимости. К первой подгруппе могут относиться те показатели, которые показывают оперативность работы подразделения, а также возможности подразделения по локализации пожара без привлечения дополнительных сил:

- вероятность ликвидации пожара при помощи сил и средств только ведомственной ПО;
- размер пожара, который будет вероятнее всего потушен силами и средствами подразделения ПО;
- соблюдение временных нормативов в установленных упражнениях;
 - время возвращения и время подготовки к очередному выезду;
 - кадровая обеспеченность подразделения ПО;
 - укомплектованность подразделения ПО техническими средствами связи;
 - наличие в боевом расчете отделений ГДЗС;
 - время занятости на пожаре и среднее время обслуживания вызова.

Во второй подгруппе будут содержаться показатели, определяющие общий уровень организации деятельности подразделения, а именно:

- соблюдение правил эксплуатации и хранения СИЗОД;
- порядок и периодичность подготовки, переподготовки и тренировки газодымозащитников;
 - наличие и состояние ПТВ и ПТО;
 - количественный и качественный состав техники;
 - наличие резервной техники,
 - наличие в подразделении ПО нормативной документации, регламентирующей его деятельность;
 - внедрение передового опыта подразделений ПО
 - разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности деятельности и улучшение условий службы;

- выполнение временных нормативов (время обработки сообщения, надевание БОП, развертывание от ПК и т.д.).

В отдельную подгруппу рекомендуется выделить те факторы, которые оказывают содействие при тушении пожара.

В качестве дополнительных показателей необходимо рассмотреть следующее:

- отношение количества объектов, на которые автоматически выезжают другие подразделения, к общему количеству объектов в районе вызова;

- участие в проведении пожарно-тактических учений;

- наличие и уровень взаимодействия между администрацией объекта, руководством подразделения и органами ФПС МЧС России в области обеспечения ПБ на объекте (корректировка и отработка планов, своевременное сообщение об изменении обстановки на объекте);

- наличие в подразделении ПО документов, предписывающих выполнение правил пожарной безопасности на объекте с учетом его специфики;

- количество полученных подразделением ПО замечаний от контролирующих органов.

Для подведения итогов оценки анализируемого подразделения ПО необходимо произвести подсчет набранных баллов по всем анализируемым показателям.

Итоговое суммарное значение необходимо сравнить с максимально возможным значением. Далее, при соблюдении прочих условий, необходимо сделать вывод о готовности подразделения к проведению действий по обеспечению пожарной безопасности.

Общий максимально возможный балл анализируемого пожарно-спасательного подразделения устанавливается на основании определенных задач, которые стоят перед этим подразделением. Для определения итоговой оценки нужно из максимальной суммы баллов для данного подразделения отнять наибольшие баллы по тем показателям, которые по объективным причинам являются не подходящими к анализируемому подразделению ПО. Условие применимости показателя необходимо определять согласно нормативно-правовым документам, которые определяют круг задач анализируемого подразделения.

Данная методика оценки степени готовности подразделения ПО к обеспечению пожарной безопасности позволит оценить объективные

составляющие готовности этих подразделений к выполнению возложенных на них задач. Так как требования по организации и осуществлению деятельности ведомственной, муниципальной, частной и добровольной ПО, предъявляются иные, нежели к государственной пожарной охране, то и методика будет отражать реальные аспекты готовности анализируемых подразделений к обеспечению пожарной безопасности.

Список использованных источников

1. Исаков А. К. Снижение уровня пожарной безопасности: проблемы и решения // Молодой ученый. 2016. № 24. С. 45-59.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» Государственная Дума, 21 декабря 1994г. // Режим доступа: www.garant.ru.
3. Артамонов В.С. Новые технологии в деятельности подразделений и организаций МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России, № 3, 2004.
4. Минаев В.М., Гришин Ю.В., Ширяев В.Ю. Имитационная система моделирования пожарной охраны города // Вопросы экономики в пожарной охране. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1981.
5. Аксютин В.П. Пожарная безопасность // Под ред. В.П. Аксютин, Н.А. Шелудько. - М.: Издательство Транс, 2017.

Анализ применения АПК «Безопасный город» на примере г. Санкт-Петербурга

Н.А. Кропотова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Какие только мероприятия не проходят в северной столице России в любой день недели: сегодня, завтра, на выходных! Вне зависимости от ваших пристрастий и интересов вы найдете в городской афише множество поводов выйти в свет и открыть для себя что-то новое. Поэтому Санкт-Петербург часто становится ареной для проведения крупных массовых мероприятий, которые требуют определенных подходов и принятию мер безопасности по защите населения. В числе проводимых на территории города отмечаются:

- регулярные ежегодные мероприятия такие, как Петербургский международный экономический форум, Петербургский международный юридический форум, праздник выпускников «Алые паруса» и другие;

- крупные политические мероприятия, в ходе которых проводятся массовые собрания граждан;

- крупные религиозные мероприятия, в которых участвует большое количество жителей и гостей города, среди таких мероприятий христианские, мусульманские праздники, организация демонстрации реликвий и религиозных ценностей, которые привлекают большое количество людей;

- спортивные мероприятия, в числе которых матчи команд по различным видам спорта, а также проведение марафонов, спортивных флешмобов, велопробегов и других.

Предлагается рассмотреть внедрение аппаратно-программного комплекса (АПК) «Безопасный город» [1], концепция которого предполагает:

- укрепление существующих связей;

- построение единого телекоммуникационного пространства для взаимодействия и обмена оперативной и плановой информацией в сфере обеспечения общественной безопасности;

- сохранение имеющихся информационных систем и действующих в данной сфере государственных программ;

- построение на этой платформе многоуровневой системы, которая позволит в совокупности применять современные методы мониторинга, прогнозирования, предупреждения и реагирования на происшествия, тем самым обеспечив существенное повышение уровня общественной безопасности.

Начало внедрения АПК «Безопасный город» в систему обеспечения безопасности и защиты населения и территорий Санкт-Петербурга совпало с периодом подготовки и проведения в городе мероприятий Чемпионата мира по футболу FIFA-2018 года, поэтому целесообразно рассмотреть вопрос применения аппаратно-программного комплекса на примере столь крупного международного события, которому не было равных по масштабам вовлеченности городской спортивной и туристической инфраструктуры. Основные направления сегмента АПК «Безопасный город» приведены на рис. 1.



Рисунок 1 - Основные сегменты АПК «Безопасный город»

Подготовка к проведению чемпионата началась с обеспечения готовности Санкт-Петербургской территориальной подсистемы РСЧС к обеспечению безопасности в период проведения на территории города Кубка Конфедераций FIFA 2017 года, рис. 2.

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»



Рисунок 2 - Состав основных блоков АПК «Безопасный город»

В преддверии Кубка Конфедераций 26 мая 2017 года в Санкт-Петербурге начал свою работу Единый центр АПК «Безопасный город», целью создания которого является объединение в едином пространстве дежурно-диспетчерских служб города, в том числе Дежурной службы Аппарата Губернатора Санкт-Петербурга, Центра управления городским и пригородным пассажирским транспортом, Центра обработки вызовов «112», а также Единого центра обработки данных.

К проведению Кубка конфедераций в 2017 году была разработана автоматизированная система «Прогнозирование и поддержка принятия управленческих решений» (ПППУР). Данная система позволяет интегрировать автоматизированные системы, входящие в АПК «Безопасный город», и позволяет осуществлять непрерывный обмен оперативной и плановой информацией между дежурно-диспетчерскими службами и правоохранительными органами.

Городская система видеонаблюдения (ГСВН) является ключевым элементом системы безопасности, рис. 3.

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»

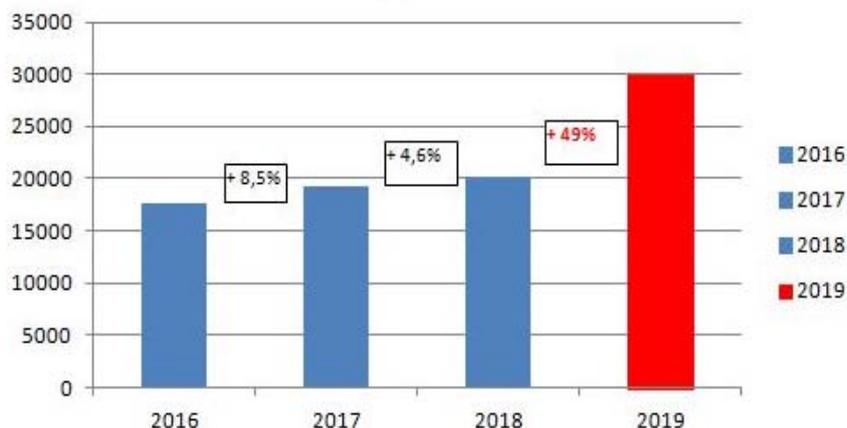


Рисунок 3 - Данные ГСВН за последние три года и прогноз на 2019 г.

С каждым годом количество источников видеоизображения, интегрированных в ГСВН, возрастает (рис. 4) и в 2019 году планируется достичь показателя в 30 000 камер видеонаблюдения.

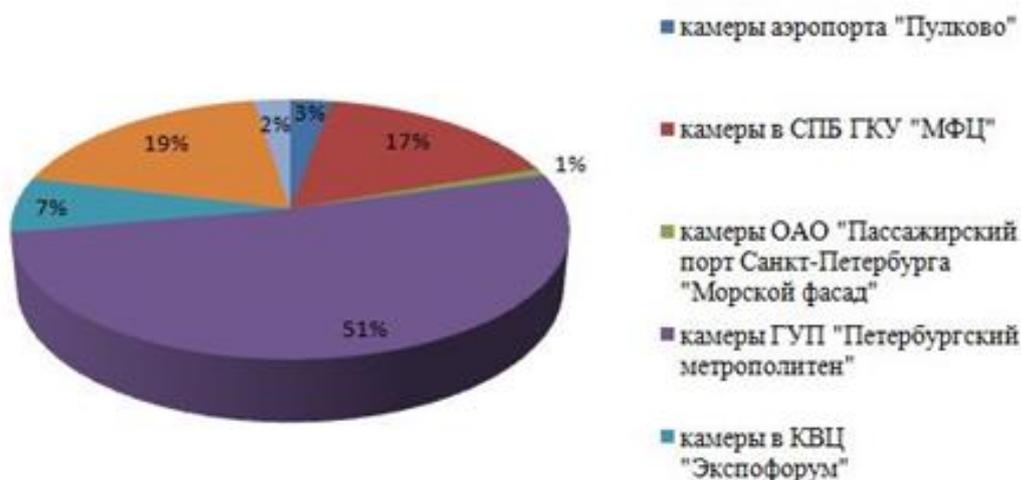


Рисунок 4 - ГСВН Санкт-Петербурга за 2019 г.

Мобильное приложение «Безопасный Санкт-Петербург» позволит осуществлять передачу видеоизображения с мобильных устройств.

В рамках подготовки к проведению Кубка Конфедераций FIFA 2017 года и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года городская система видеонаблюдения усилена новыми источниками видеоизображения. Дополнительно к имеющимся в местах и на объектах, задействованных в ходе проведения мероприятий. Таким образом, более подверженных угрозам, размещено более 1100 источников видеоизображения, в том числе более 300 источников видеоизображения

с точками доступа Wi-Fi. Кроме того, на территории, прилегающей к стадиону «Санкт-Петербург», размещено 72 устройства информирования и оповещения.

В соответствии с Планом управления перевозками в период проведения Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года в Санкт-Петербурге, утвержденным постановлением Губернатора Санкт-Петербурга от 29.12.2017 № 137-пг [2] на основных и клиентских маршрутах следования клиентских групп были размещены комплексы видеофиксации.

В период проведения чемпионата было задействовано 49 объектов Санкт-Петербурга, среди которых:

- объекты транспортной инфраструктуры – 7;
- объекты гостиничного комплекса – 32;
- стадионы и тренировочные площадки – 9;
- фанзона – 1.

В целях обеспечения безопасности на всех объектах заблаговременно проводился комплекс надзорно-профилактических мероприятий, а также тренировки и учения по реагированию на возможные происшествия и чрезвычайные ситуации.

Для оценки достаточности мероприятий по обеспечению безопасности населения города было организовано прикрытие потенциально-опасных объектов. В городе расположено 19 химически-опасных объектов, среди них один – радиационно-опасный. За время проведения чемпионата благодаря существующей в городе инфраструктуре обеспечения безопасности происшествий на этих объектах не допущено. На химически-опасных объектах также используется система контроля химической обстановки. Превышение радиационного фона и ПДК атмосферного воздуха не зафиксированы в табл. 1 и 2.

Межведомственное информационное взаимодействие экстренных оперативных служб осуществлялось в рамках функционирования системы-112 и распространялось на все дежурно-диспетчерские службы экстренных оперативных служб, участвующих в информационном взаимодействии, а также на другие организации.

Таблица 1 - Экологическая обстановка по данным мониторинга атмосферного воздуха за период с 00:00 14.06.2018 по 24:00 30.06.2018

Загрязняющее вещество	Экологическая обстановка по данным мониторинга атмосферного воздуха в непосредственной близости от футбольного стадиона «Стадион «Санкт-Петербург»																
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
CO ₂	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
NO	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
NO ₂	0,9	1,0	0,8	0,8	0,6	0,3	0,1	0,5	0,5	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2
SO ₂	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
взвешенные частицы PM _{2,5}	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	<0,1	0,1	0,2	<0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	<0,1

Таблица 2 - Экологическая обстановка по данным мониторинга атмосферного воздуха за период с 00:00 01.07.2018 по 24:00 15.07.2018

Загрязняющее вещество	Экологическая обстановка по данным мониторинга атмосферного воздуха в непосредственной близости от футбольного стадиона «Стадион «Санкт-Петербург»														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CO ₂	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NO	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	0,1	0,1	< 0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	0,3
NO ₂	0,2	0,3	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8
SO ₂	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
взвешенные частицы PM _{2,5}	< 0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4

Перед дежурно-диспетчерскими службами экстренных оперативных служб стояла задача обеспечить корректный прием заявок о происшествиях от граждан иностранных государств. Необходимо было обеспечить службы диспетчерами, владеющими иностранными языками, для незамедлительного оказания необходимой помощи иностранным гостям города. За период проведения на территории Санкт-Петербурга Чемпионата мира по футболу FIFA-2018 года в Службу 112 поступило более 300 звонков иностранных граждан. В службу оперативного обеспечения «01» - около 30 звонков. Работа служб обеспечения вызова экстренных служб города в период чемпионата показала, что диспетчерский состав имеет достаточную квалификацию и подготовку для обеспечения незамедлительной квалифицированной помощью граждан других стран, пребывающих на территории Санкт-Петербурга.

В период проведения Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года поступило в 2,5 раза больше обращений жителей и гостей города по вопросам, решение которых отнесено к компетенции МЧС России, чем в период проведения Кубка Конфедераций FIFA 2017 года. При этом отмечается значительное увеличение обращений от населения в службу «112» (почти в 3 раза в сравнении с периодом Кубка Конфедераций FIFA 2017 года).

В период проведения мероприятий Кубка Конфедераций FIFA 2017 года и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года на территории Санкт-Петербурга возникновения чрезвычайных ситуаций допущено не было.

Рассмотрены показатели эффективности, которые планируется достичь при внедрении АПК «Безопасный город». Проведен анализ применения возможностей АПК «Безопасный город» Санкт-Петербурга при проведении на территории города крупных международных мероприятий таких, как Кубок Конфедераций FIFA 2017 года и Чемпионат мира по футболу FIFA 2018 года.

По результатам проведенного анализа выявлено, что совокупность элементов, входящих в АПК «Безопасный город» Санкт-Петербурга, успешно применяется и может обеспечить надлежащую безопасность не только населения Санкт-Петербурга, но и большого числа туристов из других городов России и иностранных государств.

АПК «Безопасный город» Санкт-Петербурга, объединяя информационные ресурсы и программное обеспечение органов власти, учреждений и организаций города, позволит осуществить интеграцию информационных потоков о состоянии коммунальной, инженерной,

транспортной инфраструктуры города. Совершенствование системы информационного взаимодействия позволит обеспечить сокращение времени на прохождение информации и обеспечить минимизацию времени на принятие необходимых управленческих решений по смягчению рисков.

Список использованных источников

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2014 года № 2446-р «Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»».
2. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 17.06.2014 № 489 «О государственной программе Санкт-Петербурга «Обеспечение законности, правопорядка и безопасности в Санкт-Петербурге» на 2015-2020 годы». URL: <http://www.consultant.ru/>.

Построение системы управления движением автономного объекта в среде SIMINTECH

В.А. Мызникова¹, Е.Д. Толстенков², А.В. Чубарь¹

¹ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

²ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»

Изучение мобильных роботов стимулируется многочисленными их приложениями в различных областях, где жизнедеятельность человека либо затруднена, либо вообще невозможна, например, в зонах радиоактивного или химического загрязнения, при проведении подводных или космических исследований. Кроме того, подобные устройства могут заниматься пожаротушением или разминированием подозрительных предметов. Поэтому разработка системы управления движением подобного робота является актуальной задачей [1].

Для выполнения своих функциональных задач роботы должны уметь автономно перемещаться по траекториям, заданным оператором.

Математическое моделирование поможет сэкономить материальные и трудовые ресурсы при разработке алгоритмов управления и проведении испытаний робота [2;3].

Конструкция робота включает основание и двигательную систему, которая обеспечивает необходимую траекторию, а также скорость перемещения корпуса робота. Предположим, что робот состоит из абсолютно твердой платформы и имеет 4 колеса, которые могут вращаться в прямом или обратном направлениях.

Достаточно очевидными являются следующие суждения:

1. Для прямолинейного движения колеса должны вращаться с одинаковыми угловыми скоростями;
2. Для того чтобы робот развернулся на месте, необходимо установить угловые скорости одинаковыми по модулю, но противоположными по направлению, то есть знаку;
3. Другие комбинации угловых скоростей приводят к движению по дуге.

Пусть робот движется с разными по модулю, но одинаковыми по знаку угловыми скоростями колес. Изобразим движение робота на рис.1.

Угловая скорость движения робота определяется:

$$\omega = \frac{U_R - U_L}{D} = \frac{\omega_R - \omega_L}{D} \cdot r \quad (1)$$

Здесь r – радиус колеса робота, U_L и ω_L – линейная и угловая скорости левого колеса, U_R и ω_R – линейная и угловая скорости правого колеса, расстояние между точками C_L и C_R . Если угловые скорости колес постоянны, то угловая скорость движения робота также постоянна, что соответствует движению робота по окружности.

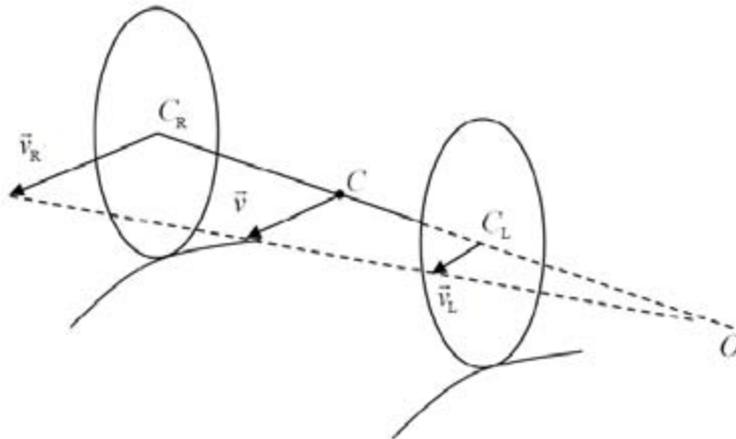


Рисунок 1 - Движение робота при однонаправленных угловых скоростях колес

Обозначим теперь расстояние от центра окружности O до центра робота C как R . Тогда расстояние от центра окружности до центра правого колеса будет равно $R + 0.5 \cdot D$. Отсюда получим:

$$\frac{U_R}{R + 0.5 \cdot D} = \omega = \frac{U_R - U_L}{D} \quad (2)$$

Отсюда получим выражение для радиуса окружности R :

$$R = \frac{D}{2} \cdot \frac{U_R + U_L}{U_R - U_L} = \frac{D}{2} \cdot \frac{\omega_R + \omega_L}{\omega_R - \omega_L} \quad (3)$$

Линейную скорость центра робота найдем, перемножив угловую скорость ω и радиус R :

$$U = \omega \cdot R = \frac{U_R + U_L}{2} = \frac{\omega_R + \omega_L}{2} \cdot r$$

В частном случае, если угловые скорости колес совпадают, то угловая скорость робота равна нулю, радиус окружности стремится к бесконечности, то есть траектория представляет собой прямую линию. Когда скорость правого (левого) превышает скорость левого (правого) колеса, то робот движется против (по) часовой стрелке и угловая скорость ω получается положительной (отрицательной). Это верно и для положительных, и для отрицательных скоростей колес.

Если угловые скорости колес имеют разные знаки, то угловая скорость движения робота определяется выражением (1). Траекторией также является окружность с вычисляемым по формуле (3) радиусом, но ее центр расположен под платформой, между колесами робота, ведь радиус получается меньше величины $0.5 \cdot D$. Аналогичное выражение для радиуса можно получить с помощью рис. 2. Из идентичности формул для угловой скорости и радиуса следует, что формула для вычисления линейной скорости также сохраняет свою силу.

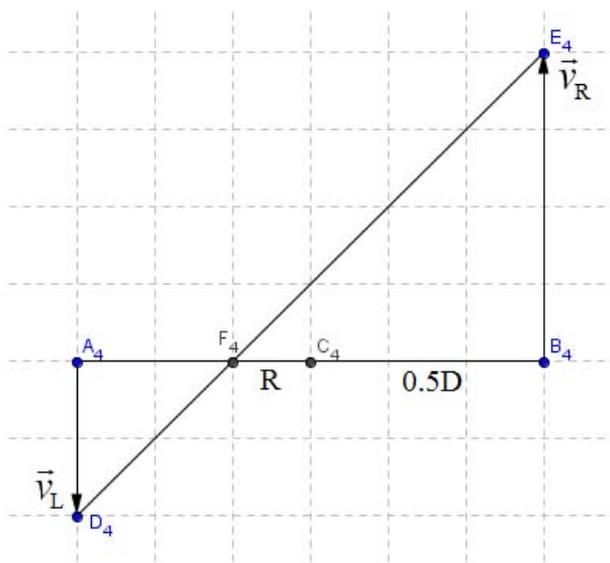


Рисунок 2 - Расположение центра окружности при разнонаправленных угловых скоростях колес

Разберем случай неотрицательных угловых скоростей колес. Пусть в декартовой системе координат дана начальная точка (x_0, y_0) , в которой находится робот. Пусть заданы начальные угловые скорости левого и правого колес ω_{L0} и ω_{R0} и начальная ориентация робота φ_0 , которую отсчитываем по часовой стрелке от отрицательной полуоси x .

При заданных пяти начальных условиях траектория робота определяется однозначно. Получим взаимосвязь между этими начальными условиями и параметрами траектории и движения робота.

Для задания движения по прямой нужно знать начальное положение робота и его начальную ориентацию, которые нам известны. Для задания движения по окружности нужно знать радиус окружности, координаты ее центра, угловую скорость движения робота по окружности и начальное положение робота на окружности.

Угловую скорость движения, радиус окружности можно найти по формулам (1) и (3). Координаты центра окружности определяются:

$$x_c = x_0 - \text{sign}(\omega) \cdot R \cdot \sin \varphi_0$$

$$y_c = y_0 - \text{sign}(\omega) \cdot R \cdot \cos \varphi_0$$

Если скорости колес совпадают, то $\omega=0$ и $\text{sign}(\omega)=0$, а значит $x_c=x_0$, $y_c=y_0$.

Используя параметрическое задание окружности, зададим движение по окружности

$$x(t) = x_c + R \cdot \cos(\omega t + \alpha_0)$$

$$y(t) = y_c + R \cdot \sin(\omega t + \alpha_0)$$

Для корректного перехода робота на заданную окружность нужно знать начальное положение робота на этой окружности, то есть угол α_0 . Этот угол можно найти с помощью функции atan2

$$\alpha_0 = \text{atan2}(y_0 - y_c, x_0 - x_c)$$

Рассмотрим случай, когда угловые скорости колес равны, то есть движение происходит по прямой. В этом случае направление изменения координат x и y зависит только от начального положения робота φ_0 . Для любой начальной ориентации робота при равенстве угловых скоростей колес верны следующие формулы:

$$x(t) = x_0 - U \cdot \cos \varphi_0 \cdot t = x_0 - \omega_R \cdot r \cdot \cos \varphi_0 \cdot t$$

$$y(t) = y_0 + U \cdot \sin \varphi_0 \cdot t = y_0 + \omega_R \cdot r \cdot \sin \varphi_0 \cdot t$$

Рассмотрим движение робота по окружности. Введем ориентацию на стрелочный прибор, который может показывать ограниченный диапазон значений, поэтому необходимо, чтобы угол ориентации лежал в промежутке $[0; 2\pi)$. Поскольку прямая, соединяющая центр окружности с текущим положением робота, в любой момент времени перпендикулярна прямой, то свяжем ориентацию робота с углом $\text{atan2}(y-y_c, x-x_c)$, отражающим текущее положение робота на окружности. Обозначим угол $\text{atan2}(y-y_c, x-x_c)$ как β и определим эту взаимосвязь.

Если β принадлежит промежутку $-\pi/2 < \beta \leq \pi/2$

$$\varphi = \pi - \text{sign}(\omega) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$$

Если β принадлежит промежутку $(\pi/2; \pi]$ ($\beta > \pi/2$):

$$\varphi = 2\pi + \text{sign}(\omega) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$$

Если β принадлежит промежутку $(-\pi; -\pi/2]$ ($\beta \leq -\pi/2$):

$$\varphi = \text{sign}(\omega) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$$

Если движение робота происходит по прямой, то его ориентация остается постоянной и равной начальной ориентации φ_0 .

Таким образом, мы построили траекторию робота для любых начальных условий и получили возможность отслеживать его ориентацию в реальном времени.

Одним из перспективных средств моделирования и разработки робототехнических и других сложных систем является среда визуального моделирования SimInTech [4-6], которая обеспечивает:

- создание моделей технических устройств в виде структурных блок-схем;
- математическое моделирование их режимов на основе дифференциальных уравнений;
- создание составных моделей технических объектов из готовых блоков – моделей оборудования;
- интеграцию в единую комплексную модель;
- отладку алгоритмов управления на модели и реальном объекте;

Кроме описанного, данная среда моделирования позволяет создавать панели управления на основе окон анимации – графических окон, в которых располагаются индикаторы и средства управления. С помощью этих индикаторов и средств управления можно наглядно получать информацию о поведении интересующих величин и удобно управлять какими-либо значениями. Устройства индикации и управления создаются на основе графических примитивов, к которым относятся стрелочный прибор, линейный прибор, кнопка, текстовый редактор, график, сенсор, различные геометрические фигуры и др. Каждый примитив характеризуется набором свойств, имеющих свои названия. Чтобы использовать окно анимации для индикации и управления сигналами, нужно описать логику его работы с помощью окна Скрипт.

Перенесем все полученные результаты в среду моделирования SimInTech и получим рис.3.

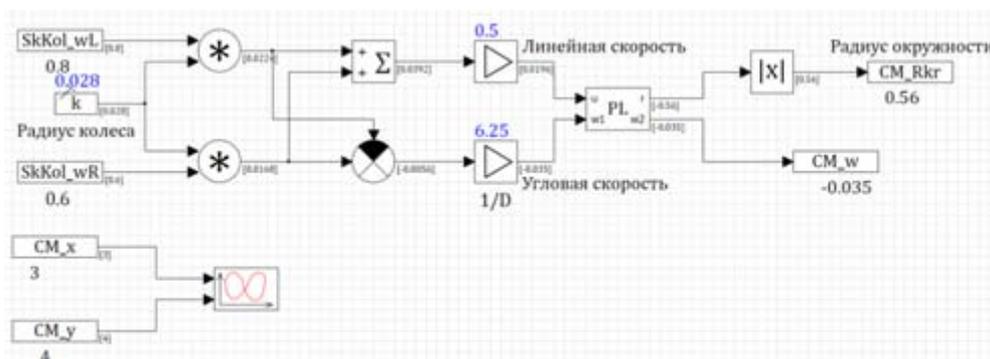


Рисунок 3 - Схема для расчета радиуса и угловой скорости и вывода траектории в среде моделирования SimInTech

Расчет угловой скорости и радиуса окружности по формулам (1) и (3) организуем с помощью блоков Перемножитель, Сумматор, Сравнивающее устройство, Усилитель, Абсолютное значение из вкладки Операторы. Радиус колес зададим с помощью блока Константа из вкладки Источники. Угловые скорости для расчета значений будут поступать из базы данных. Создадим в базе данных группу SkKol и сигналы w_R и w_L . Таким образом, угловой скорости левого колеса будет соответствовать сигнал SkKol_ w_L , а правого SkKol_ w_R . Для их ввода в схему будем использовать блок Чтение из списка сигналов из вкладки Сигналы.

Кроме этого, в базу данных нужно записывать рассчитанные значения угловой скорости робота и радиуса окружности, по которой он движется. Для этого будем использовать блок Запись в список сигналов из вкладки Сигналы. Для радиуса окружности создадим группу сигналов CM и сигнал Rkr в этой группе. Для угловой скорости создадим в той же самой группе CM сигнал w . Радиус колеса примем равным 0.028 м, а расстояние между колесами - 0.16 м.

Для построения траектории будем использовать блок Фазовый портрет из вкладки Вывод данных, который позволяет строить график по поступающим на его вход координатам x и y . Эти координаты мы будем рассчитывать с помощью скрипта и передавать в схему через базу данных. Для координаты x создадим в группе CM сигнал x , для координаты y сигнал y . Блок программирование обеспечивает исключение деления на ноль в формуле (3) при равенстве угловых скоростей правого и левого колес.

Создадим скрипт, который будет по заданным начальным условиям строить траекторию робота и рассчитывать его ориентацию. Для этого сначала создадим окно анимации и разместим в нем стрелочный прибор, настроив в нем угол охвата шкалы равным 2π . Этот прибор, как ясно из названия, будет показывать ориентацию робота. Его внешний вид показан на рис. 4.

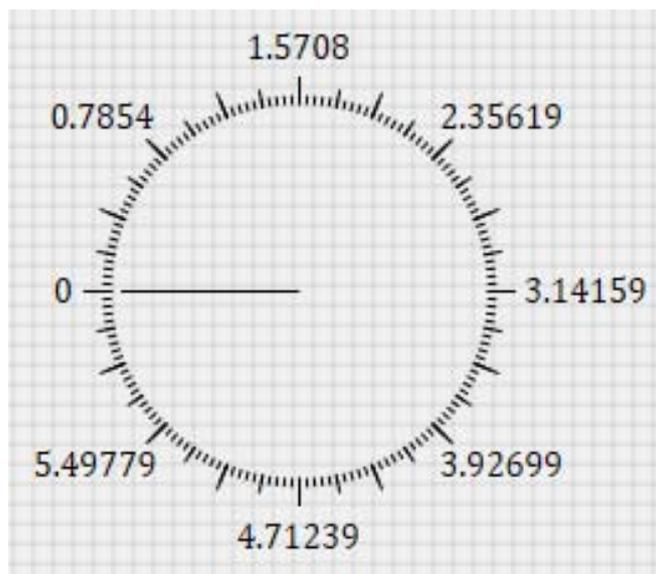


Рисунок 4 - Стрелочный прибор для отображения текущей ориентации робота

Создадим скрипт в окне анимации. Блок *initialization–end* содержит команды, которые будут выполняться только один раз при запуске программы. В результате получим скрипт, представленный на рис. 5.

Создадим возможность изменять скорость робота прямо во время движения робота. Для установления угловой скорости, понадобятся 2 стрелочных прибора – для левого и правого колес. С помощью кнопки, будем включать и выключать режим управления угловой скоростью. Если кнопка нажата, то есть *Button.Down=1*, то угловая скорость левого колеса *SkKol_wL* равна показанию первого стрелочного прибора *Left.Value*, а угловая скорость *SkKol_wR* равна показанию второго прибора *Right.Value*.

Контролировать момент изменения угловых скоростей, мы можем с помощью присваивания переменным угловой скорости значение текущих скоростей колес, затем изменять скорости колес в соответствии с показаниями стрелочных приборов и после записывать скорости в переменные угловые скорости после изменения.

В первую очередь нужно сообщить о том, что произошло изменение угловой скорости хотя бы одного колеса.

1. Рассмотрим переход с одной окружности на другую.

$$x_c = x - \text{sign}(U2 - U1) \cdot \text{sign}(U4 - U3) \cdot R \cdot \cos \beta \quad (4)$$

$$y_c = y - \text{sign}(U2 - U1) \cdot \text{sign}(U4 - U3) \cdot R \cdot \sin \beta \quad (5)$$

В силу периодичности функций косинуса и синуса, вместо угла β в формулах (4) и (5) в скрипте можно использовать угол $\varphi_0 + \omega t$, отличающийся от β целым числом периодов. Это позволит не запоминать дополнительно координаты центра окружности, с которой происходит переход на новую окружность.

2. Рассмотрим переход с окружности на прямую. Поскольку движение по прямой однозначно определяется ориентацией робота, нужно лишь принять в качестве нового значения φ_0 ориентацию в тот момент, когда произошло изменение угловой скорости, а в качестве новых начальных координат x_0 и y_0 координаты робота в этот же момент.

3. При переходе с прямой на окружность выполняются условия $|U_4 - U_3| > 0$ и $U_1 = U_2$. В этом случае координаты центра окружности находятся точно так же, как и при заданных начальных условиях. Только в качестве угла φ_0 используется ориентация в тот момент, когда произошло изменение угловой скорости, а в качестве координат x_0 и y_0 координаты робота в этот же момент.

4. При переходе с прямой на прямую, как и при переходе с окружности на прямую, для задания новой траектории достаточно лишь зафиксировать ориентацию и координаты в момент изменения угловой скорости.

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»

```

initialization
x0=3; // Начальное положение робота
y0=4;
SkKol_wl=0.8; // Начальные скорости левого и правого колеса робота
SkKol_wr=0.6;
fi0=300*pi/180; // Начальная ориентация робота относительно направленной влево
xc=0-CM_Rkr*sign(CH_w)*sign(SkKol_wl+SkKol_wr)*sin(fi0); // Расчет координат центра окружности на основании начальных условий
yc=y0-CM_Rkr*sign(CH_w)*sign(SkKol_wl+SkKol_wr)*cos(fi0);
a0=atan2(y0-yc,x0-xc); // Расчет начального угла положения робота на траектории
T=0; // Начальный момент времени
CH_Ori=fi0; // Записываем начальные значения ориентации и координат в базу данных
CH_x=x0;
CH_y=y0;
b=0; // Начальное значение переменной b
end;
a=a0+CH_w*(Time-T); // Расчет угла положения робота на траектории с течением времени
if SkKol_wl=SkKol_wr then begin // Если скорости левого и правого колес равны, робот либо движется по прямой, либо стоит
CH_x=x0+SkKol_wl*0.020*(Time-T)*cos(fi0);
CH_y=y0+SkKol_wl*0.020*(Time-T)*sin(fi0);
Orientation.Value=fi0; // При движении по прямой фиксируем ориентацию робота
CH_Ori=fi0; // Записываем ориентацию в базу данных
end;
if SkKol_wl<SkKol_wr then begin // Если скорости равны по модулю, но имеют разные знаки, робот вращается на месте
b=fi0-CH_w*(Time-T); // Вычисляем текущую ориентацию робота при развороте на месте
if b<0 then begin // Если она стала отрицательной, добавляем 2 пи, фиксируем ориентацию и время
b=b+2*pi;
T=Time;
fi0=b;
end;
if b>2*pi then begin // Если она стала больше 2 пи, отнимаем 2 пи, фиксируем ориентацию и время
b=b-2*pi;
T=Time;
fi0=b;
end;
CH_Ori=b; // Записываем ориентацию в базу данных
Orientation.Value=CH_Ori; // Отображаем ориентацию на стрелочном приборе
end;
if abs(abs(SkKol_wl)-abs(SkKol_wr))>0 then begin // Если скорости колес не равны по модулю, то робот движется по окружности с центром (xc,yc) и радиусом CM_Rkr
CH_x=xc+CM_Rkr*cos(a);
CH_y=yc+CM_Rkr*sin(a);
if (atan2(CH_y-yc,CH_x-xc)>=pi/2) and (atan2(CH_y-yc,CH_x-xc)<=pi/2) then Orientation.Value=pi-sign(CH_w)*sign(SkKol_wl+SkKol_wr)*pi/2-atan2(CH_y-yc,CH_x-xc);
if atan2(CH_y-yc,CH_x-xc)<=-pi/2 then Orientation.Value=sign(CH_w)*sign(SkKol_wl+SkKol_wr)*pi/2-atan2(CH_y-yc,CH_x-xc); // Пересчет положения робота
if atan2(CH_y-yc,CH_x-xc)>=pi/2 then Orientation.Value=2*pi-sign(CH_w)*sign(SkKol_wl+SkKol_wr)*pi/2-atan2(CH_y-yc,CH_x-xc); // на траектории в ориентации робота
CH_Ori=Orientation.Value; // Записываем ориентацию в базу данных
end;
U1=SkKol_wl; // Запоминание скоростей левого и правого колес до изменения
U2=SkKol_wr;
if Button.Down=1 then begin // Если кнопка нажата, присваиваем скоростям показания приборов
SkKol_wl=Left.Value;
SkKol_wr=Right.Value;
end;
U3=SkKol_wl; // Запоминание скоростей левого и правого колес после изменения
U4=SkKol_wr;
if (abs(U1-U3)>0) or (abs(U2-U4)>0) then begin // Если произошло изменение скорости,
fi0=Orientation.Value; // запоминаем ориентацию и координаты робота в момент изменения
x0=CH_x;
y0=CH_y;
if (abs(U4-U3)>0) and (abs(U2-U1)>0) then begin // Если происходит переход с одной окружности на другую,
R0=0.00*abs((U4+U3)/(U4-U3)); // то вычисляем радиус новой окружности,
xc=x0-R0*sign(U2-U1)*sign(U4-U3)*sign(U1+U2)*sign(U3+U4)*cos(a); // координаты центра новой окружности
yc=y0-R0*sign(U2-U1)*sign(U4-U3)*sign(U1+U2)*sign(U3+U4)*sin(a);
a0=atan2(y0-yc,x0-xc); // и положение робота на новой окружности
end;
if (abs(U4-U3)>0) and (abs(U1)=abs(U2)) then begin // Если происходит переход с приближенной траектории или вращения на месте на окружность,
R0=0.00*abs((U4+U3)/(U4-U3)); // то вычисляем радиус этой окружности,
xc=x0-R0*sign(U4-U3)*sign(U3+U4)*sin(fi0); // координаты ее центра
yc=y0-R0*sign(U4-U3)*sign(U3+U4)*cos(fi0);
a0=atan2(y0-yc,x0-xc); // и положение робота на ней
end;
T=Time; // Запоминаем момент времени, в который произошло изменение угловой скорости колес
end;
end;

```

Рисунок 5 - Скрипт окна анимации для расчета траектории и ориентации робота

Также при написании скрипта, необходимо зафиксировать время в момент изменения угловой скорости, записав его, например, в переменную T . А вместо аргумента $Time$ у всех функций $x(t)$ и $y(t)$ писать смещенный аргумент $(Time-T)$. Только нужно будет в блок *initialization* записать, что при начале расчета $T=0$. Траектория робота при произвольном изменении угловых скоростей колес показана на рис.6.

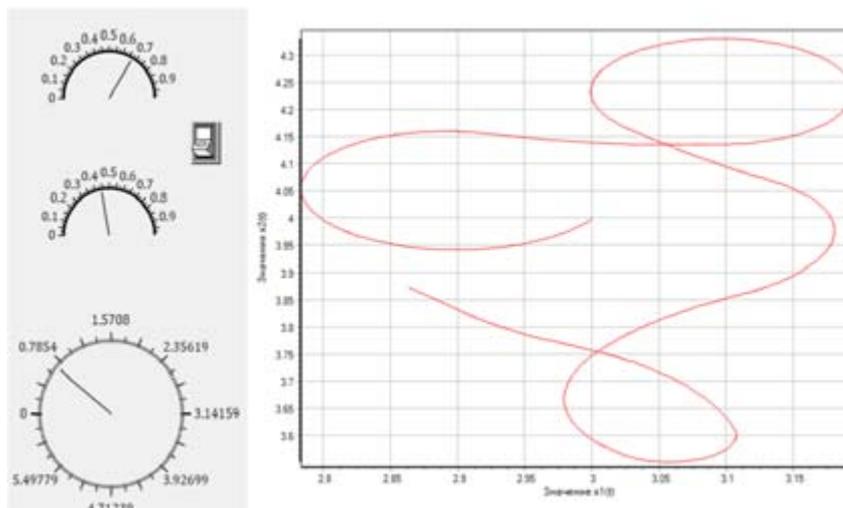


Рисунок 6 - Траектория робота, полученная произвольным изменением угловых скоростей колес

Проделав те же самые рассуждения для отрицательных угловых скоростей колес, получим следующие результаты. Для координат центра окружности при заданных начальных условиях и координат центра окружности при переходе с прямой на окружность получим:

$$x_c = x_0 + \text{sign}(\omega) \cdot R \cdot \sin\varphi_0$$

$$y_c = y_0 + \text{sign}(\omega) \cdot R \cdot \cos\varphi_0$$

Уравнения движения по окружности, уравнения движения по прямой остаются без изменений. Для расчета ориентации получим следующие соотношения.

$$\text{Для 1 и 4 четвертей } (-\pi/2 < \beta \leq \pi/2): \quad \varphi = \pi + \text{sign}(\omega) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$$

$$\text{Для 2 четверти } (\beta > \pi/2): \quad \varphi = 2\pi - \text{sign}(\omega) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$$

$$\text{Для 3 четверти } (\beta \leq -\pi/2): \quad \varphi = -\text{sign}(\omega) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$$

При переходе с окружности на окружность с положительных угловых скоростей на положительные и с отрицательных на отрицательные имеем:

$$x_c = x - \text{sign}(U_2 - U_1) \cdot \text{sign}(U_4 - U_3) \cdot R \cdot \cos \beta$$

$$y_c = y - \text{sign}(U_2 - U_1) \cdot \text{sign}(U_4 - U_3) \cdot R \cdot \sin \beta$$

При переходе с отрицательных угловых скоростей на положительные и с положительных на отрицательные получим:

$$x_c = x + \text{sign}(U_2 - U_1) \cdot \text{sign}(U_4 - U_3) \cdot R \cdot \cos \beta$$

$$y_c = y + \text{sign}(U_2 - U_1) \cdot \text{sign}(U_4 - U_3) \cdot R \cdot \sin \beta$$

Теперь рассмотрим движение при разных по знаку угловых скоростях колес. Пусть ориентация робота равна 90° . Возможны 4 варианта соотношения угловых скоростей:

1) $\omega_L > 0, \omega_R < 0, |\omega_L| > |\omega_R|$. В этом случае $\omega < 0, U > 0$.

2) $\omega_L > 0, \omega_R < 0, |\omega_L| < |\omega_R|$. В этом случае $\omega < 0, U < 0$.

3) $\omega_L < 0, \omega_R > 0, |\omega_L| > |\omega_R|$. В этом случае $\omega > 0, U < 0$.

4) $\omega_L < 0, \omega_R > 0, |\omega_L| < |\omega_R|$. В этом случае $\omega > 0, U > 0$.

При одинаковых знаках U и ω получаем координаты центра окружности при заданных начальных условиях:

$$x_c = x_0 - R \cdot \sin\varphi_0$$

$$y_c = y_0 - R \cdot \cos\varphi_0$$

При разных знаках U и ω :

$$x_c = x_0 + R \cdot \sin\varphi_0$$

$$y_c = y_0 + R \cdot \cos\varphi_0$$

Уравнения движения по окружности остаются без изменений, поскольку по-прежнему при положительном значении ω происходит движение робота против часовой стрелки, а при отрицательном значении движение по часовой стрелке.

При положительном U во всех четвертях ориентация вычисляется так же, как и в случае положительных угловых скоростей колес, поскольку движение центра робота происходит в ту сторону, в которую он ориентирован. При отрицательном U , движение робота происходит в сторону, противоположную его ориентации, поэтому ориентация вычисляется как в случае отрицательных угловых скоростей колес.

Следующие общие выражения, верные для любых знаков и величин угловых скоростей колес.

Для координат центра окружности при заданных начальных условиях:

$$x_c = x_0 - \text{sign}(\omega) \cdot \text{sign}(\omega_L + \omega_R) \cdot R \cdot \sin\varphi_0$$

$$y_c = y_0 - \text{sign}(\omega) \cdot \text{sign}(\omega_L + \omega_R) \cdot R \cdot \cos\varphi_0$$

Для расчета ориентации в зависимости от положения на окружности:

Для 1 и 4 четвертей ($-\pi/2 < \beta \leq \pi/2$): $\varphi = \pi - \text{sign}(\omega) \cdot \text{sign}(\omega_L + \omega_R) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$

Для 2 четверти ($\beta > \pi/2$): $\varphi = 2\pi + \text{sign}(\omega) \cdot \text{sign}(\omega_L + \omega_R) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$

Для 3 четверти ($\beta \leq -\pi/2$): $\varphi = \text{sign}(\omega) \cdot \text{sign}(\omega_L + \omega_R) \cdot \frac{\pi}{2} - \beta$

Для координат центра окружности при переходе с одной окружности на другую:

$$x_c = x - \text{sign}(U_2 - U_1) \cdot \text{sign}(U_4 - U_3) \cdot \text{sign}(U_1 + U_2) \cdot \text{sign}(U_3 + U_4) \cdot R \cdot \cos \beta$$

$$y_c = y - \text{sign}(U_2 - U_1) \cdot \text{sign}(U_4 - U_3) \cdot \text{sign}(U_1 + U_2) \cdot \text{sign}(U_3 + U_4) \cdot R \cdot \sin \beta$$

При переходе с прямой или вращения на месте на окружность координаты центра находим так же, как и при вычислении этих координат при заданных начальных условиях.

При переходе на прямую или на вращение на месте запоминаем только ориентацию и положение в момент смены траектории.

Рассмотрим вращения на месте, при этом, координаты центра робота не меняются, но меняется ориентация робота. Необходимо вычислить угол поворота, и если он стал меньше нуля, прибавлять к нему 2π , обнулять время при каждом таком переходе через 0 и запоминать увеличенный на 2π угол поворота после его перехода через 0. Аналогично будем поступать и при превышении углом значения 2π , только в этом случае будем уменьшать угол поворота на 2π , а не увеличивать. Еще нужно учесть, что вращение на месте по часовой стрелке соответствует отрицательному значению ω и увеличению угла ориентации, а вращение против часовой стрелки соответствует положительному значению ω и уменьшению угла ориентации. Поэтому при вычислении угла ориентации нужно не прибавлять ωt , а отнимать.

И еще при вращении на месте модуль разности скоростей колес отличен от нуля. Поэтому прежнее условие включает и случай вращения на месте, и чтобы его исключить, нужно изменить условие на отличие от нуля модуля разности модулей. Изменится и условие перехода на окружность с вращения на месте или с прямой. Если раньше оно требовало равенства скоростей U_1 и U_2 , то теперь нужно потребовать равенства модулей этих скоростей.

Траектория робота после внесения всех изменений представлена на рис. 7.

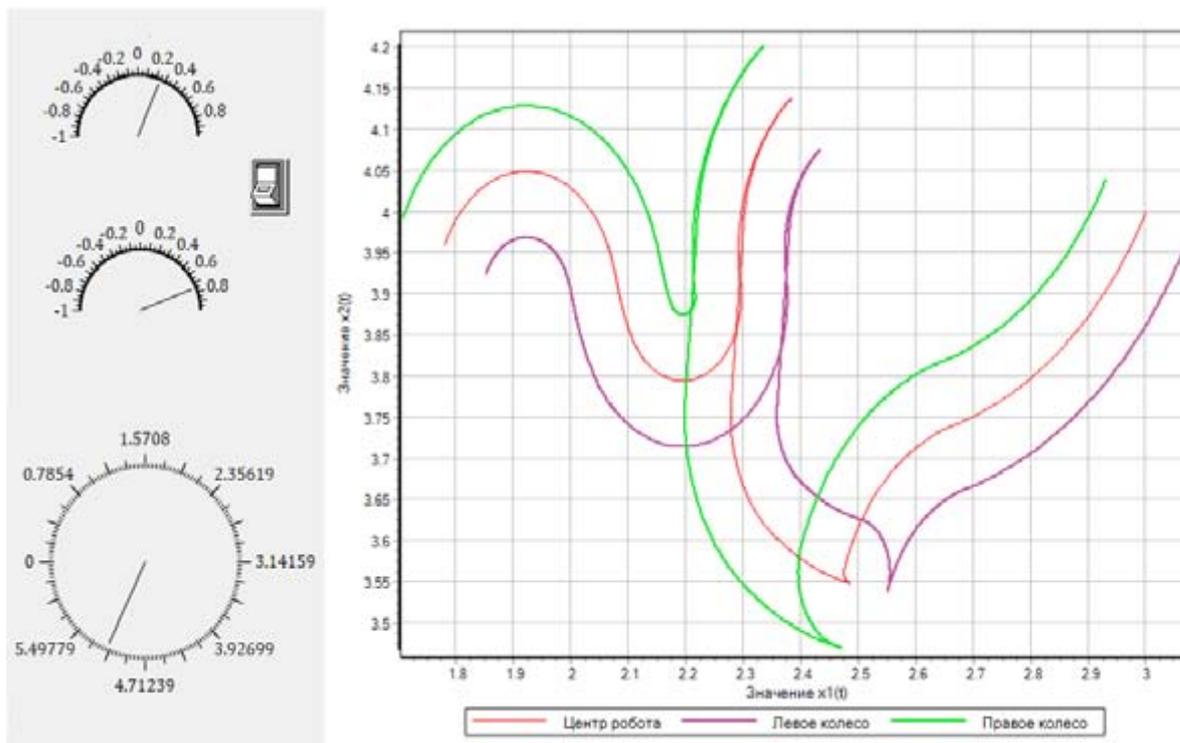


Рисунок 7 - Траектория робота и колес при произвольном изменении угловой скорости колес

Заключение

Таким образом, получена и реализована в среде SimInTech кинематическая модель колесного робота. Было смоделировано движение робота при прямом направлении вращения колес, обратном направлении вращения и противоположных направлениях вращения. Построена модель устройства управления, которое по величине отклонения текущей ориентации колесного робота от заданной формирует управляющие воздействия на двигатели колес. Эти воздействия позволяют привести ориентацию робота к желаемой ориентации. Получены показатели качества для различных значений скорости поворота робота. Несмотря на то, что данная модель пренебрегает действием многих сил, возникающих во время движения, она может позволить выявить влияние на движение и траекторию робота таких факторов, как радиус колес, расстояние между ними, величина подаваемого на двигатели напряжения во время поворота. Эта информация может помочь при разработке реальной модели робота, позволяя не прибегать к разработке сразу множества реальных моделей и испытаниям каждой из них.

Список использованных источников

1. Звонарев, Д. А. Управление мобильным роботом с электрическим двигателем [Текст] // Известия Тульского государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 368-372.
2. Бартенев, В. В. Математическая модель движения мобильного робота с двумя независимыми ведущими колесами по горизонтальной плоскости [Текст] / В. В. Бартенев, С. Ф. Яцун, А. С. Аль-Еззи // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 4. – С. 288-293.
3. Андрианова, О. Г. Моделирование движения колесного робота по заданному пути [Текст] / О. Г. Андрианова // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2011. – № 10. – С. 1-15.
4. Грищенко, И. А. Создание математической модели робота с дифференциальным приводом [Текст] / И. А. Грищенко, А. В. Чубарь // Материалы II Междунар. науч.-практ. конференции «Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего». – Кемерово: Западно-Сибирский научный центр. – 2016. Т. 2. – С. 35-37.
5. Карташов Б.А., Среда динамического моделирования технических систем SimInTech: практикум по моделированию систем автоматического регулирования / Карташов Б.А., Шабаетв Е.А., Козлов О.С. , Щекатуров А.М. // – Москва : ДМК Пресс, 2017. – 424 с.
6. Мызникова В.А., Устименко В.В., Чубарь А.В. Построение нечётких регуляторов для систем управления автономных объектов в среде SimInTech // Космические аппараты и технологии. 2019. Т. 3. № 1. С. 22-27. doi: 10.26732/2618-7957-2019-1-22-27

Применение компьютерных систем для обработки статистических данных о динамике чрезвычайных ситуаций в РФ

А.А. Клятченко

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Согласно статистике в Российской Федерации ежегодно происходят сотни чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которые влекут за собой огромное количество человеческих жертв, травмированных и раненых людей, и, кроме того, наносят колоссальный материальный ущерб, исчисляемый в десятках миллиардов рублей, в виду чего проблема обеспечения защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций становится особенно актуальной.

Прогнозирование является одной из важнейших составляющих анализа чрезвычайных ситуаций. Существует достаточно большое количество методов прогнозирования, используемых в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, среди которых большое распространение получили статистические методы [3, 4]. Для их применения необходимо обладать широким спектром статистических данных: где, когда, в каком количестве и какие произошли чрезвычайные ситуации, сколько человек погибло, сколькими получены ранения и травмы, и, наконец, какой материальный ущерб был нанесен каждой чрезвычайной ситуацией в отдельности.

Учет чрезвычайных ситуаций и их последствий представляет собой сбор статистических данных о чрезвычайных ситуациях с целью их дальнейшего обобщения и анализа. Для этого существует множество различных прикладных программ, табличных процессоров для упрощения и ускорения расчетов, вычисления закономерностей и автоматизации процесса обработки данных [5].

Рассматриваемая в данной статье задача посвящена обработке статистических данных о количестве чрезвычайных ситуаций на территории Российской Федерации за 2009 – 2018 годы с помощью программы Microsoft Excel.

Для проведения расчетов используются исходные данные, представленные в таблице.

Таблица – Исходные данные

Наименование показателя, год	Количество чрезвычайных ситуаций, ед.
2009	424
2010	360
2011	297
2012	437
2013	335
2014	262
2015	257
2016	280
2017	177
2018	266

Дальнейшая работа требует разбиения количественных данных на интервалы. В данном случае оптимально принять шаг $h=45$. Таким образом, получаем 6 интервалов (Рис. 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Исходные данные		Интервалы		n_i		X	ω_i	p_i
2	424		170	215	1		192,5	0,10	0,07
3	360		215	260	1		237,5	0,10	0,15
4	297		260	305	4		282,5	0,40	0,23
5	437		305	350	1		327,5	0,10	0,24
6	335		350	395	1		372,5	0,10	0,17
7	262		395	440	2		417,5	0,20	0,08
8	257		Σ		10		Σ	1	1
9	280								
10	177								
11	266								
12	10								
13									
14							$M(X)$	309,5	
15							$D(X)$	4941	
16							$\sigma(X)$	70,29	

Рисунок 1 - Рабочий лист Microsoft Excel

Частоты для каждого интервала вычисляются с помощью следующей формулы:

$$= \text{СЧЁТЕСЛИМН}(\$A\$2:\$A\$16; ">=" & C2; \$A\$2:\$A\$16; "<" & D2) \quad (1)$$

для первого интервала (170 - 215) и т.д.

Затем построим статистическое распределение. Для этого в столбец G вносим значения середины каждого интервала (случайная величина X), используя формулу

$$= (C2 + D2)/2 \quad (2)$$

для ячейки G2 и т.д. После этого вычислим относительные частоты: в ячейку H2 вводим формулу

$$= (E2/ \$E\$12) \quad (3)$$

и таким же образом до H7 включительно. Сумма относительных частот должна равняться единице (Рис. 1).

Далее определим числовые характеристики случайной величины X. В ячейке H14 вычислим математическое ожидание по формуле

$$= \text{СУММПРОИЗВ}(G2: G7; H2: H7), \quad (4)$$

в ячейке H15 – дисперсию, используя формулу

$$= \text{СУММПРОИЗВ}((G2: G7)^2; H2: H7) - H14^2, \quad (5)$$

в ячейке H16 – среднее квадратическое отклонение по формуле

$$= \text{КОРЕНЬ}(H15). \quad (6)$$

Теперь рассчитаем вероятности попадания значения случайной величины, распределенной нормально в заданный интервал. В ячейку I2 вводим формулу

$$= \text{НОРМРАСП}(D2; \$H\$14; \$H\$16; 1) - \text{НОРМРАСП}(C2; \$H\$14; \$H\$16; 1) \quad (7)$$

и так далее до I7 включительно. Сумма всех вероятностей должна равняться единице (Рис.1).

Далее, сравнив значения ω и p , убеждаемся в том, что полученное статистическое распределение подчиняется нормальному закону, что можно наблюдать на следующей гистограмме (Рис. 2).

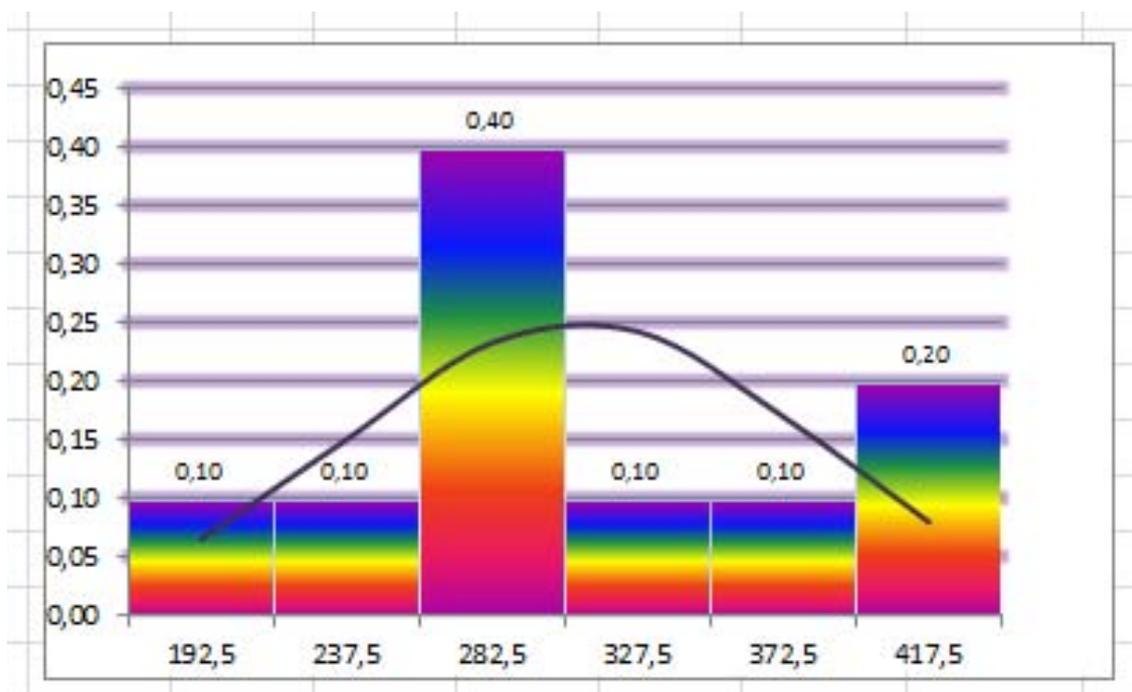


Рисунок 2 - Гистограмма в Microsoft Excel

Таким образом, можно сделать следующие выводы: в среднем число чрезвычайных ситуаций на территории Российской Федерации за 2009-2018 годы составляет 310 ед. В среднем на 70,29 ед. значения случайной величины отклоняются от математического ожидания.

Список использованных источников

1. Максимов А.В., Матвеев А.В., Попивчак И.И. Перспективные направления информационно-аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. – 2015. – № 2(30). – С. 113-117.

2. Матвеев А.В. Подготовка кадров для информационно-аналитической деятельности в сфере прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2015. – № 4(12). – С. 109-113.

3. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учебное пособие для вузов. – М.: ACADEMIA, 2011. – 368 с.

4. Богданова Е.М., Матвеев А.В. Классификация методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. – 2018. – № 4(24). – С. 61-70.

5. Статистические методы обработки и анализа информации и MS EXCEL / Е.Н. Трофимец, В.Я. Трофимец. // Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, 2018.

Прогнозирование и расчет показателей надежности систем автоматической пожарной сигнализации

И.Л. Скрипник

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

В настоящее время на производственных объектах должна находиться СПЗ, одним из элементов которой является АПС, отвечающая непосредственно за обнаружение очага возгорания. Эффективность срабатывания данной системы связана с ее надежностью [1].

Вопросы надежности пожарных извещателей (ПИ), исходя из величины наработки на отказ, неоднократно обсуждались в различных тематических журналах [2; 3]. В существующих методиках расчета риска возникновения пожара на производственных объектах, вопросам надежности АПС уделяется недостаточное внимание.

Эффективность применения системы АПС на объекте определяется минимизацией материального ущерба от пожара, снижением количества людских потерь, достижением необходимой степени защиты объекта в случае возникновения пожара. При этом данная оценка будет объективной при оптимальном соотношении основных функциональных свойств СПЗ, таких как время обнаружения, тушения пожара, стоимость и техническая надежность [4].

Для оценки надежности системы АПС предлагается использовать такие показатели, как вероятность срабатывания ПИ, вероятность безотказной работы всех функциональных элементов системы в отдельности, и вероятность эффективного срабатывания всей системы АПС в целом. Для наглядности, процесс функционирования АПС с кабельной линией связи, шлейфом сигнализации (возможно использование и беспроводных линий связи, но их характеристики соответственно будут другими) с применением светового (СО) и звукового (ЗО) оповещателей целесообразно представить в виде структурной-функциональной схемы, которая отображает все основные параметры каждого из элементов АПС и их взаимосвязь (рис. 1).

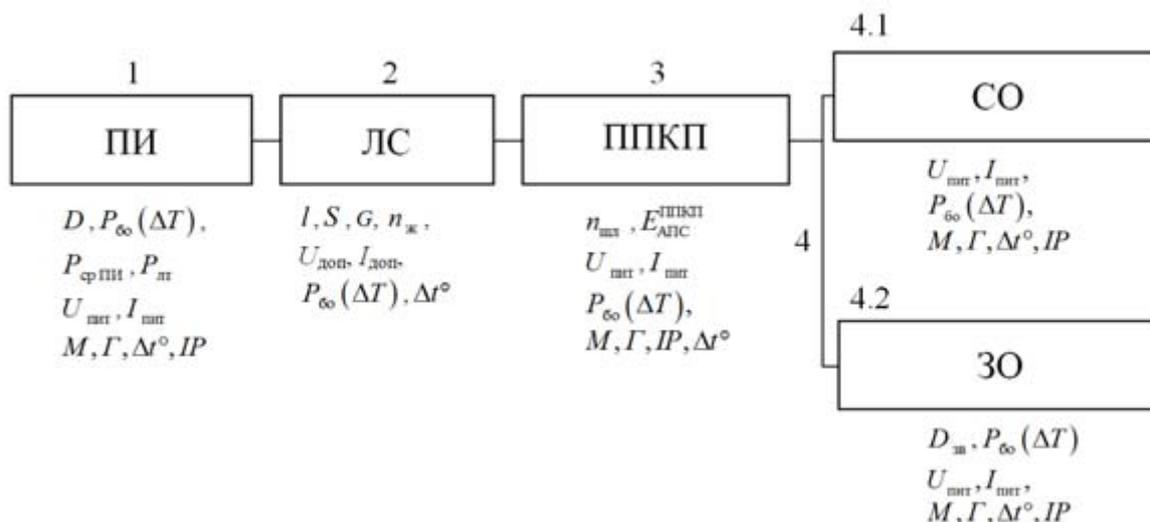


Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема системы АПС

где: - общие параметры для всех элементов АПС: G – габариты; M – масса; IP – степень защиты, обеспечиваемая оболочкой; Δt° – интервал рабочих температур; $U_{\text{пит}}, I_{\text{пит}}$ – напряжение и ток питания соответственно; $P_{\infty}(\Delta T)$ – вероятность безотказной работы за определенный интервал времени ΔT ;

- параметры ПИ: D – пространственная диаграмма обнаружения источника возгорания; $P_{\text{срПИ}}$ – вероятность срабатывания ПИ; $P_{\text{лт}}$ – вероятность ложного срабатывания («ложной тревоги») в течение времени функционирования ΔT ;

- параметры кабельной линии связи: l – длина кабеля; S – сечение кабельной жилы; G – вид изоляции; $n_{\text{ж}}$ – число жил; $U_{\text{доп}}$ – максимально допустимое рабочее напряжение; $I_{\text{доп}}$ – максимально допустимый рабочий ток;

- параметры ППКП: $n_{\text{шл}}$ – максимальное количество шлейфов; $E_{\text{АПС}}^{\text{ППКП}}$ – емкость резервного аккумулятора питания ППКП;

- параметр ЗО: $D_{\text{зв}}$ – звуковое давление, дБ/м.

Расчет надежности можно разделить на два этапа: проектирования и технической эксплуатации. В большинстве случаев такой расчет проводится, как правило, на каком-то одном из этапов.

На первом этапе (проектирования) главной целью расчета надежности системы АПС является разработка архитектуры системы и сравнение полученных показателей надежности с заданными [5; 6]. При этом конкретных требований к системам АПС нет, поэтому речь идет только о критериях выбора устройств, необходимых для проектирования (разработки) системы, а не характеристиках ее надежности.

На втором этапе (эксплуатации) цель расчета надежности – это выявление «узких» мест при эксплуатации системы с последующим определением параметров надежности смонтированного оборудования [7].

Задача, стоящая на первом этапе, требует больших трудозатрат ввиду постоянного многократного сравнения различных вариантов конфигурации системы с учетом использования различных видов оборудования, например, ПИ разного принципа действия (обнаружения пожара), в то время как на этапе эксплуатации расчет проводится для существующего и уже функционирующего на объекте оборудования в комплексе с заданной ранее архитектурой.

Расчет надежности на стадии «Рабочая документация» выполняют, исходя из нахождения системы в режиме ожидания и режиме выполнения заданных функций, то есть основные показатели рассчитывают для некоторого временного интервала функционирования системы ΔT [8]. Для систем АПС время работы соответствует времени выполнения системой свойственных ей основных функций.

Исходя из выше сказанного, предлагается следующий подход к оценке эффективности работы системы АПС.

Вероятность эффективного срабатывания АПС ($P_{\text{ср АПС}}$) можно детализировать с помощью выражения (1):

$$P_{\text{ср АПС}} = P_{\text{ср ПИ}} P_{\text{бо АПС}}(\Delta T), \quad (1)$$

где:

$P_{\text{бо АПС}}(\Delta T)$ – вероятность безотказной работы всех элементов АПС за определенный интервал времени (ΔT) .

Используя экспоненциальный закон распределения суммарной интенсивности отказов выражение (1) представляется как:

$$P_{\text{ср АПС}} = P_{\text{ср ПИ}} e^{-\Delta T \sum_{i=1}^4 \lambda_i}, \quad (2)$$

где: $\sum_{i=1}^4 \lambda_i$ – суммарная интенсивность отказов, где i – вид элемента

АПС: $i=1$ – ПИ, $i=2$ – ЛС, $i=3$ – ППКП, $i=4$ – СО и (или) ЗО.

В таблице представлены примеры рассчитанных значений вероятности безотказной работы $P_{\text{бо АПС}}$ АПС в зависимости от интенсивности отказов отдельных элементов АПС λ за различные интервалы времени ΔT .

Таблица – Примеры рассчитанной вероятности безотказной работы $P_{\text{бо АПС}}$ системы АПС в зависимости от интенсивности отказов отдельных элементов λ за промежутки времени ΔT

$\sum_{i=1}^4 \lambda_i$, 1/ч	$T_{\text{ср}}, \text{ч}$	$P_{\text{бо АПС}} = e^{-\Delta T \sum_{i=1}^4 \lambda_i}$								
		$\Delta T, \text{ч}$								
		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
0,0001	10000	0,905	0,819	0,741	0,670	0,607	0,549	0,497	0,449	0,407
0,00007	15000	0,935	0,875	0,818	0,765	0,715	0,669	0,626	0,585	0,547
0,00005	20000	0,951	0,905	0,861	0,819	0,779	0,741	0,705	0,670	0,638
0,00003	30000	0,968	0,936	0,906	0,876	0,848	0,820	0,794	0,768	0,743
0,00003	40000	0,975	0,951	0,928	0,905	0,883	0,861	0,840	0,819	0,799
0,00002	50000	0,980	0,961	0,942	0,923	0,905	0,887	0,869	0,852	0,835
0,00002	60000	0,983	0,967	0,950	0,934	0,919	0,903	0,888	0,873	0,858

В итоге, используя закон Пуассона (2), который справедлив для радиоэлектронного оборудования, можно определить требуемые значения $P_{\text{бо АПС}}$ за определенное время функционирования системы.

Параметры $P_{\text{ср АПС}}$ и $P_{\text{бо АПС}}$ определяются на основе логико-вероятностного дерева (рис. 2) по соответствующим уровням: вероятности безотказной работы ПИ, вероятности эффективного срабатывания ИЗВ, вероятности безотказной работы ЛС, ППКП, СО и (или) ЗО. Ложные срабатывания ИЗВ в данном дереве не учитываются.

Из рис. 2 следует, что вероятность $P_{\text{ср АПС}}$ равно сумме вероятностей событий 1.1.1.1.1.1, 1.1.1.1.1.2, 1.1.1.1.1.3.

Используя дерево событий вероятность эффективного срабатывания системы АПС $P_{\text{ср АПС}}$ можно представить в виде формулы:

$$P_{\text{ср АПС}} = P_{\text{бо ПИ}} P_{\text{ср ПИ}} P_{\text{бо ЛС}} P_{\text{бо ППКП}} \left[P_{\text{бо СО}} P_{\text{бо ЗО}} + P_{\text{бо СО}} (1 - P_{\text{бо ЗО}}) + P_{\text{бо ЗО}} (1 - P_{\text{бо СО}}) \right], \quad (3)$$

Реально повысить показатели надежности системы АПС можно двумя известными способами:

- применением оборудования с более высокими показателями;
- использованием резервирования отдельных элементов АПС (как правило, ПИ).

Следует отметить, что в большинстве случаев расчет показателей надежности систем не учитывает целый ряд дополнительных факторов, то есть является несколько идеализированным. Так, например, не учитывается безотказность работы линий связи, в том числе и беспроводных. Для кабельных линий предлагается использовать значение наработки на отказ на 100 км длины не менее 34 375 ч.

Волоконно-оптические линии связи в системах АПС используется достаточно редко, хотя методики по определению их надежностных характеристик также существуют. Но если учесть еще и качество контактных соединений ($R_{\text{перех конт}} \rightarrow 0$), то нормативная база для данной характеристики вообще не существует. Проектировщики в таком случае вводят специальные поправочные коэффициенты для каждого отдельного модуля, содержащего контактные соединения (вероятность безотказной работы модуля лежит в пределах 0,95-0,97).

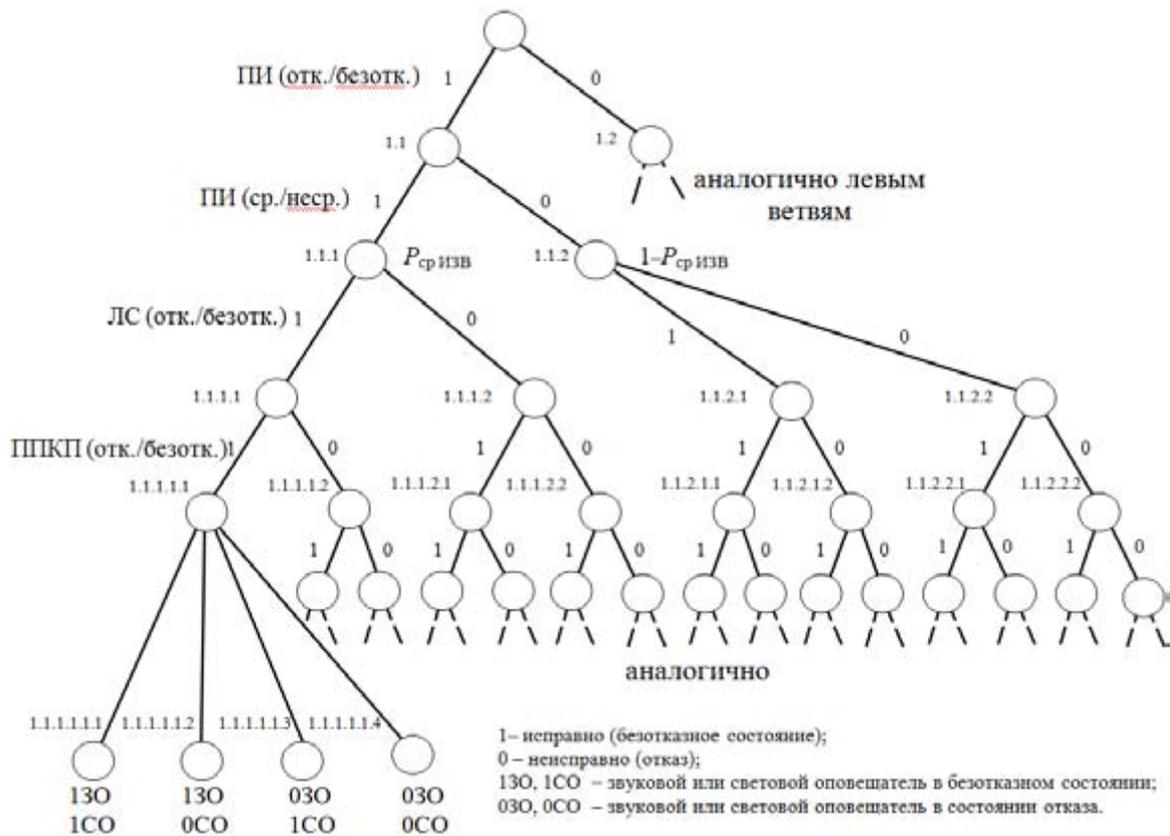


Рисунок 2 – Логико-вероятностное дерево для оценки вероятности $P_{\text{срАПС}}$ эффективного срабатывания АПС

Рассматривая корректирующие коэффициенты, необходимо также учитывать влияние внешних воздействий на систему в процессе ее эксплуатации, а в отдельных случаях – надежность программного обеспечения, если оно применяется.

Поэтому расчет надежности систем АПС является достаточно сложным процессом [9]. Предлагаемый подход в значительной степени облегчит проектировщику решение задачи определения оценки эффективности функционирования системы АПС на объекте,

и, соответственно, определить численное значение эффективного срабатывания всего комплекса СПЗ, который в дальнейшем можно использовать для оценки пожарного риска производственных объектов [10].

Список использованных источников

1. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Анализ пожарной опасности технологических систем по показателям надежности // Научно-аналитический журнал. Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности, № 3-2017, С. 33-37.

2. Скрипник И. Л. Вопросы оценки качества и технического уровня новых разработок техники // Научно-аналитический журнал. Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности, № 3-2018, С. 26-32.

3. И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Способ расчета показателя надежности образца пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. - Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 215-218.

4. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 2 (2018) – 2018, С. 128-134.

5. О.А. Рыбин, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Подходы к методологии создания современных образцов пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 4 (2017) – 2017, С. 133-137.

6. Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Особенности модификации процедур морфологического анализа технических систем // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 1 (45)-2018, С. 112-121.

7. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к созданию современных приборов приемно-контрольных пожарных // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (46)-2018, С. 105-110.

8. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Технические решения задачи согласования критериев безопасности в электрических сетях // Научно-

аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (42)-2017, С. 110-117.

9. Скрипник И.Л. Применение понятия сложных технических систем к приборам охранно-пожарной сигнализации // Научно-аналитический журнал. Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности, № 4-2018, С. 12-16.

10. Бобровская Т.А., Ивахнюк Г.К., Скрипник И.Л. Управление пожарными рисками при осуществлении технологического аудита на предприятиях судоремонтного комплекса // Научно-аналитический журнал. Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. № 1(2018) – 2018. С.31-40.

**Система автоматического вызова подразделений
пожарной охраны и порядок организации
обмена оперативной информации на пожаре**

А.Н. Бочкарев, А.Д. Семенов, Р.И. Харламов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Организация управления и взаимодействия пожарно-спасательных подразделений при осуществлении ими оперативно-тактических действий, информационное сопровождение в значительной степени способствует улучшению этих процессов. Использование информации в сфере управления при обеспечении службы пожаротушения предполагает соблюдение ряда требований. Причем наряду с полнотой, объективностью, оптимальностью, точностью информации необходимо обеспечить ее своевременность и оперативность.

В условиях ограниченного времени поиска необходимой информации целесообразно использовать структурированные информационные ресурсы. Для этого представляется целесообразным сформировать ограниченное число модулей, сужающих направления поиска необходимых сведений.

Предметной областью использования информационных ресурсов является организация связи и оперативного управления на пожаре. На основе изучения существующих информационных материалов, нормативно-правовой базы по организации связи и оперативного управления в ФПС ГПС, а также с учетом возможной реализации в виде автоматизированной информационной системы, нами предложены три основных модуля (направления группирования) информационных данных по организации связи:

- 1) документация по организации связи;
- 2) схемы организации связи,
- 3) информационные данные с объектов защиты.

В соответствии с п. 2.1.9 приказа МЧС России от 05.05.2008 г. № 240 «Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» выезд подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований согласно Расписанию выездов производится при срабатывании системы автоматического вызова пожарных подразделений [1, с. 8].

Согласно п.14.4 приказа МЧС России от 01.06.2011 г. № 274 «Об утверждении изменения № 1 к своду правил СП5.13130.2009» на объектах класса функциональной опасности Ф 1.1, Ф 1.2, Ф 4.1 и Ф 4.2 извещения о пожаре должны передаваться в пожарно-спасательные подразделения пожарной охраны по выделенному в установленном порядке радиоканалу или другим линиям связи в автоматическом режиме без участия персонала объектов и любых организаций, транслирующих эти сигналы [2, с.5].

Независимо о наличия или отсутствия дежурного персонала на объекте защиты извещения о пожаре должны передаваться в пожарно-спасательные подразделения пожарной охраны по выделенному в установленном порядке радиоканалу или другим линиям связи в автоматическом режиме.

Рассматриваемый комплекс позволяют передавать по радиоканалу МЧС сигналы о пожаре, а также сигналы неисправности от объектовых систем автоматической пожарной сигнализации (АПС) в центральный пункт пожарной связи или пункт связи пожарно-спасательной части, исключая вмешательство в этот процесс дежурного персонала объекта.

Данное оборудование обеспечивает широкие функциональные возможности, включая выделение объекта на плане города (рис. 1), отображение на плане объекта места возникновения пожара с точностью до извещателя адресной или адресно-аналоговой системы пожарной сигнализации. Если используется АПС с пороговыми извещателями, то на плане отмечается номер шлейфа.

На плане объекта в случае срабатывания извещателя будет представлено следующая информация:

- подсвечивается красным светом этаж, на котором сработала аппаратура системы;
- отображается красной мигающей рамкой место возникновения пожара; указывается номер пожарного извещателя.

Актуальной задачей в настоящее время является доведение этой информации до начальника караула (руководителя дежурной смены), следующих или прибывших к месту вызова на данный объект.

Как правило, диспетчер ЦППС (ПСЧ) передает эту информацию по радиостанции или сотовому телефону голосовым сообщением.

Поэтому предлагается обеспечить передачу в электронном виде элементов плана объекта с указанием места возможного возгорания.

Предлагаемый вариант алгоритма реализации системы представлен (рис.2).

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»

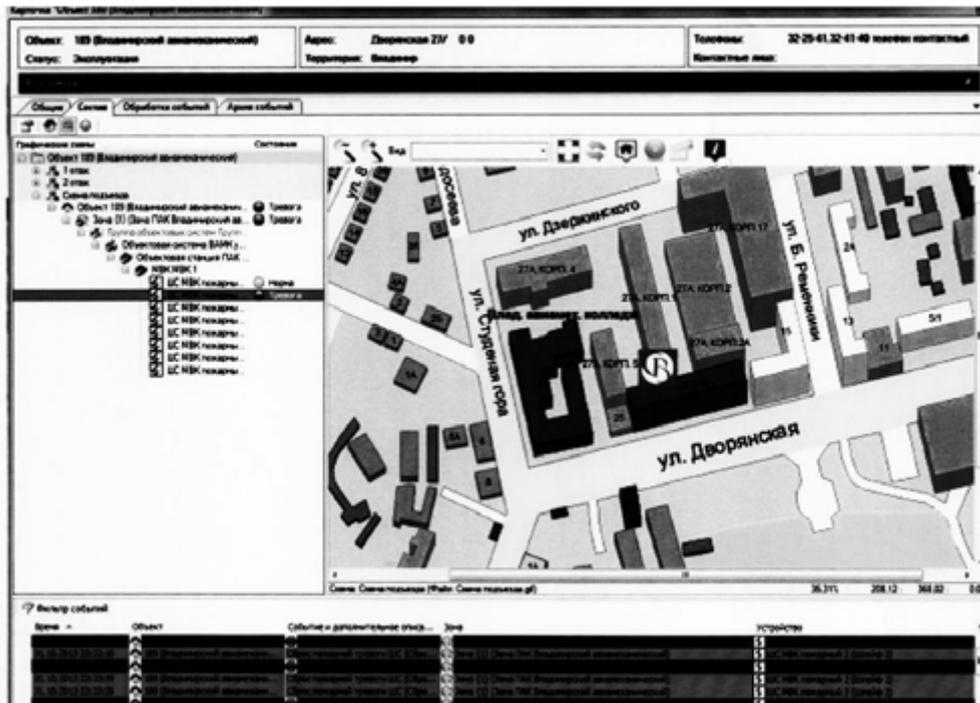


Рисунок 1 - Отображение объекта на карте города системой «Стрелец-мониторинг»



Рисунок 2 - Алгоритм передачи информации от АПС объекта начальнику караула

В работах [3, с. 13-16] рассмотрен вариант реализации алгоритма передачи информации на персональный компьютер с помощью технологии клиент-сервер. Суть технологии заключается в сборе и хранении данных, получаемых в режиме реального времени от подсистемы мониторинга состояния пожара в здании на удаленно расположенный сервер. Доступ клиентам к данной информации предоставляется в полном или ограниченном виде в соответствии с их потребностью [4, с. 1]. В работе [5, с. 1] произведена оценка эффективности применения данной информации при решении оперативно-тактических задач.

В результате осуществления рассмотренных действий предусматривается создание программного модуля в составе автоматизированной информационной системы организации связи и оповещения при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

Список использованных источников

1. Приказ МЧС России от 05.05.2008 г. № 240 «Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

2. Приказ МЧС России от 01.06.2011 г. № 274 «Об утверждении изменения № 1 к своду правил СП5.13130.2009».

3. Варламов Е. С., Тараканов Д. В., Мацук М. А. Система мониторинга технического состояния автоматических установок модульного пожаротушения стр. 13-16 .Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 10 июня 2016 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. – 154 с.

4. Топольский Н.Г., Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.А. Алгоритм прогнозирования температуры газовой среды в здании при пожаре по данным мониторинга. Технология техносферной безопасности № 4. 2014 г.

5. Патент № 2605682. Системы информационной поддержки управления звеньями газодымозащитной службы при ликвидации пожаров в здании. Тараканов Д.В. 18.08.2015 г.

Вывод сигнала о пожаре на пульт подразделений пожарной охраны. Сравнительный анализ программно-аппаратных комплексов для передачи извещений о пожаре

А.В. Дорохин

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Огонь с давних времен играет значимую роль в эволюции человеческой цивилизации. «Приручение» огня, овладение процессами горения и в современном мире является одним из основных факторов, определяющих её научно - техническое развитие. Вместе с этим, по различным причинам огонь выходит из-под контроля человека, превращаясь из союзника в грозного врага.

Пожар - это не контролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества, государства, а в случае массовых современных лесных и ландшафтных пожаров – всей нашей планете.

Без сомнений можно утверждать, что пожары в России это масштабная национальная проблема. На территории Российской Федерации за 2018 год произошло 131690 пожаров, прямой ущерб от которых составил 13,931 млрд. рублей. На пожарах погибло 7891 человек, в том числе 437 детей, 9563 человека получили травмы.

Академией государственной противопожарной службы МЧС России еще в 2007 г. был проведен анализ динамики развития пожара здания. Так, по усредненной статистике, пожар линейно развивается первые 20–25 мин., после чего начинаются процессы, связанные с разрушением самого здания. Время прибытия пожарных по нормативным требованиям (ссылка на источник в списке литературы) должно составлять не более 10 мин. в населённом пункте и 20 мин. за его чертой, но из-за позднего поступления сигнала о возгорании спасатели прибывают на 30-й минуте пожара, а в отдельных случаях и на 40-й, когда уже нечего тушить и некого спасать.

Так, в соответствии с положениями Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – Технический регламент) каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной

безопасности, направленную на предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защиту имущества при пожаре. Она включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Данная система основана, в первую очередь, на соблюдении требований противопожарного режима, применении пожаробезопасных веществ, материалов, устойчивых к огню строительных конструкций, объемно-планировочных решений зданий, устройстве систем своевременного обнаружения и оповещения людей о пожаре.

Согласно пункта 7 статьи 83 Технического регламента, системы пожарной сигнализации должны обеспечивать подачу светового и звукового сигналов о возникновении пожара на приемно-контрольное устройство в помещении дежурного персонала или на специальные выносные устройства оповещения, а в зданиях классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.2, Ф4.1, Ф4.2 - с дублированием этих сигналов на пульт подразделения пожарной охраны без участия работников объекта и (или) транслирующей этот сигнал организации.

К таким зданиям относятся:

Ф1.1 - здания дошкольных образовательных организаций, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных организаций с наличием интерната и детских организаций;

Ф1.2 - гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов;

Ф4.1 - здания общеобразовательных организаций, организаций дополнительного образования детей, профессиональных образовательных организаций;

Ф4.2 - здания образовательных организаций высшего образования, организаций дополнительного профессионального образования.

В соответствии с пунктом 15.4 свода правил СП 5.13130 «Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические» на объектах класса функциональной опасности Ф 1.1, Ф 1.2, Ф 4.1 и Ф 4.2 извещения о пожаре должны передаваться (с точностью до помещения, если доступ в эти помещения ограничен при поиске места пожара) в подразделения пожарной охраны по выделенному в установленном

порядке контролируемому радиоканалу или другим контролируемым линиям связи в автоматическом режиме, без участия персонала объектов и любых организаций, транслирующих эти сигналы. Рекомендуется применять технические средства с устойчивостью к воздействиям электромагнитных помех не ниже 3-й степени жесткости по ГОСТ Р 53325-2009.

Сегодня на рынке охранно-пожарных сигнализаций (далее ОПС) существует огромное количество оборудования использующего в качестве канала передачи данных сети стандарта GSM, интернет и радиоканал. Системы обладают широкими возможностями: от установки тревожной кнопки до монтажа системы дымоудаления, эвакуации и оповещения при пожаре.

Целевая направленность статьи заключается в совершенствовании методов и средств передачи сигнала о пожаре в подразделения пожарной охраны.

Для понимания работы систем мониторинга рассмотрим работу программно-аппаратного комплекса (далее – ПАК) «Стрелец Мониторинг», разработанного ВНИИПО МЧС России по заказу МЧС России (рис. 1).

ПАК «Стрелец-Мониторинг» обеспечивает подключение приборов и систем пожарной сигнализации, расположенных на объектах, посредством аппаратуры передачи извещений различных типов, использующих различные каналы связи:

- радиоканал в диапазонах частот: 146 – 174 МГц и 430 – 470 МГц;
- телефонные проводные сети;
- каналы сотовой связи стандарта GSM;
- каналы сотовой связи стандарта GSM/GPRS;
- локальные вычислительные сети (Ethernet).

Основным каналом связи является радиоканал на выделенных для МЧС частотах. Другие каналы используются при нецелесообразности или невозможности использования радиоканала. Информация от объектовых приборов поступает на пульт дежурно-диспетчерской службы. Для связи с удаленными объектами могут использоваться станции ретрансляторы.

Секция 3. «Информационные технологии в решении задач управления при ликвидации чрезвычайных ситуаций»

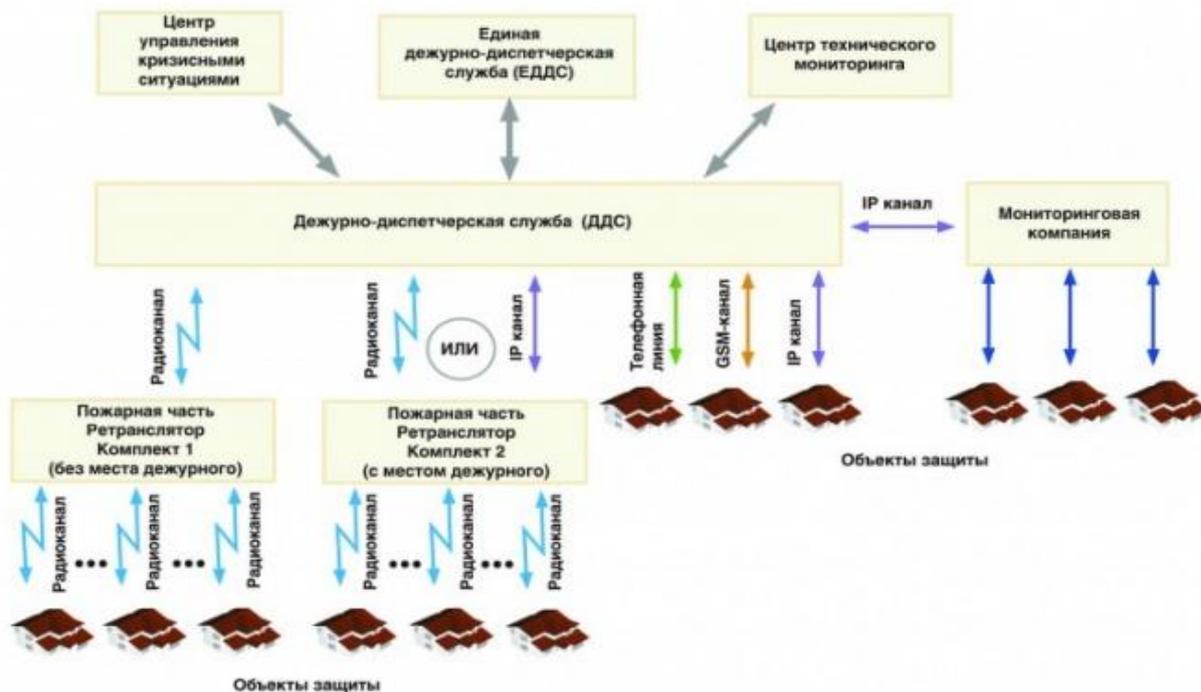


Рисунок 1 - Структура ПАК «Стрелец-Мониторинг»

В настоящее время основным проблемным вопросом вывода сигнала о пожаре на пульт пожарной охраны является отсутствие фактической возможности приема пультовым оборудованием сигналов от объектовых приборов по доступному открытому протоколу.

Существует проблема передачи ложных извещений о возникновении пожаров, многочисленных сообщений о неисправности оборудования и линий связи, а также в некоторых различиях тактико-технической возможности приборов от разных производителей.

Кроме того, в ряде субъектов Российской Федерации среди участников рынка данного вида услуг проявляются факты недобросовестной конкуренции и монополизма, что приводит к необоснованному завышению цен на продукцию и выполнение данных работ.

Ниже приведены примеры из личной практики за 2018 год некачественной работы сигнальных систем:

- 02 сентября 2018 г. в 15 ч. 00 мин. в здании ОГБУСО «Иркутский детский дом-интернат № 1 для умственно отсталых детей» по адресу: 664049, г. Иркутск, 6-й поселок ГЭС, 3А начался пожар в подвальном помещении. Произошло срабатывание автоматической пожарной

сигнализации, но в нарушение положений Технического регламента сигнал о пожаре не был продублирован на пульт подразделения пожарной охраны, что увеличило время оповещения и прибытия пожарной охраны к месту пожара. К счастью, пожар произошел в рабочее время, и вахтер учреждения, убедившись, что тревога не ложная по телефону вызвала пожарную охрану. Серьезные последствия в Детском доме удалось предотвратить. Для передачи сигнала о пожаре в подразделения пожарной охраны на данном объекте защиты использовался объектовый прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «Цербер GSM».

- 05 декабря 2018 г. в 04 ч. 15 мин. по телефону от очевидцев поступило сообщение о пожаре в здании МОУ Верхне-Кукутской начальной школы в Эхирит-Булагатском районе с. Верхний Кукут. Из-за позднего обнаружения пожара здание школы сгорело полностью. Сигнал от автоматической пожарной сигнализации (АПС) также не прошел на пульт подразделения пожарной охраны. Для дублирования сигнала о пожаре на объекте защиты установлен программно-аппаратный комплекс «Мираж».

В обоих случаях за вывод сигнала о пожаре на пульт подразделений пожарной охраны отвечали местные отделения ВДПО. Сигнал передавался на сервер по каналам GSM, работоспособность которых в отличие от радиоканала или выделенных линий связи сложно контролировать. Кроме того, из-за большого количества ложных срабатываний автоматической пожарной сигнализации на объектах защиты, и во избежание претензий со стороны пожарной охраны и собственников объектов защиты, ВДПО применило «тестовый режим», при включении которого сигнал о пожаре приходит на сервер, но не отображается на мониторе у диспетчера пожарной части. Возможность влиять на прохождение сигнала о пожаре на пульт пожарной охраны является прямым нарушением требования Технического регламента.

В г. Иркутске наиболее часто на охраняемых объектах используют программно-аппаратные комплексы ППКОП «Цербер-GSM», ПАК «Мираж», ПАК «Око» (Таблица 1):

На сегодняшний день в городе Иркутске около 80% объектов защиты для вывода сигнала о пожаре на центральный пункт пожарной связи (ЦППС) Иркутского гарнизона пожарной охраны имеют договоры

с Иркутским городским отделением ВДПО (ИГО ВДПО). В большинстве случаев для вывода сигнала ИГО ВДПО использует прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «Цербер GSM» (далее ППКОП «Цербер GSM»). ППКОП «Цербер GSM» предназначен для охраны малых, средних и крупных объектов от проникновений и возгораний. В качестве основного канала передачи данных на пульт централизованного наблюдения (далее ПЦН) используются сети стандарта GSM. Прибор оснащен двумя SIM картами, что позволяет избежать зависимости от одного оператора сотовой связи и повысить надежность доставки сообщений на ПЦН.

Таблица 1 - Основные тактико-технические характеристики программно-аппаратных комплексов.

Сравниваемый параметр	ППКОП «Цербер-03»	ППКОП «Цербер-GSM»	ПАК «Мираж»	ПАК «ОКО»	ПАК «Стрелец-Мониторинг»
Методы передачи информации	Радиоканал, интернет/GSM	GSM/интернет	GSM/интернет	Радиоканал, интернет/GSM	Радиоканал, интернет/GSM
Количество сотовых сетей	0	2	2	2	2
Дальность связи по радиоканалу	0,5 — 4 км (в городской застройке) 4 — 20 км (за городом)	-	-	до 20 км	Около 10 км
Совпадение частот с выделенным радиоканалом МЧС России	имеется	нет	нет	имеется	имеется
Контроль канала связи	имеется	имеется	имеется	имеется	имеется
Интеграция	имеется	имеется	имеется	имеется	имеется
Примерная стоимость объектового комплекта оборудования	33,5 т.р.	9,6 т.р.	9.7 т.р.	33,9 т.р.	40 т.р.

Также имеются радиоканальные версии ППКОП «Цербер». Радиоканальное оборудование позволяет построить надежный канал передачи данных, не зависящий от ошибок в работе сотовых операторов или Internet-провайдеров, а также менее подверженный глушению в отличие от GSM оборудования. Каждый радиоканальный передатчик является ретранслятором. Часть оборудования может собирать информацию по радиоканалу и передавать по IP каналам на ПЦН в случае отсутствия радиосвязи с центральной станцией (глушение, выход из строя).

Выделенный радиоканал применяется только для работы системы мониторинга ЧС, что позволяет прогнозировать загрузку радиоканала, в том числе и при чрезвычайных ситуациях следующим способом:

- автосмена частотных каналов: защита от помех;
- автовыбор маршрута: каждый объект — ретранслятор для соседей: гарантированная доставка тревожного сообщения;
- двухсторонний обмен данными между центром мониторинга и охраняемым объектом с непрерывным контролем канала: возможность передачи спецсообщений «СМС-МЧС» из центра МЧС на объект.

К сожалению, радиоканальное оборудование на территории области не применяется, в связи с дороговизной приобретения и обслуживания радиостанций.

Вторым по количеству абонентов оператором в городе Иркутске является ООО «Пожарная безопасность 01», устанавливающее на объектах защиты ПАК «ОКО». Данный программно-аппаратный комплекс комбинирует в себе возможности передачи данных по радиоканалу, через операторов сотовой связи, интернет и городскую телефонную сеть. Однако, как уже говорилось ранее, в целях удешевления работ используется только GSM канал.

Также в районах Иркутской области используется программно-аппаратный комплекс «Мираж». Данный комплекс, так же как и ППКОП «Цербер GSM» использует для передачи данных на пульт подразделения пожарной охраны каналы GSM. В принципе для удаленных малонаселенных сельских поселений области, на территории которых нет подразделений пожарной охраны, применение GSM каналов становится не только экономически оправданным, но и единственно возможным.

Использование на территории Иркутской области ПАК «Стрелец-Мониторинг» автору неизвестно. Однако данная система разрабатывалась по заказу МЧС России, и техническое задание на ее разработку содержало требования для максимальной эффективности мониторинга пожарной обстановки. Естественно, сделав ставку на максимальную эффективность системы, пострадала ее экономическая конкурентоспособность.

Изучив техническую документацию изготовителей разных систем, можно сделать вывод, что все системы изначально изготавливаются с возможностью работы с оборудованием разных производителей, за небольшим исключением. Но данная проблема решается установкой дополнительного модуля (платы), которые предоставляются производителем за дополнительную плату. Сложность интеграции на сегодняшний день связана только с установленными на объектах защиты устаревшими модификациями автоматической пожарной сигнализации, которые были смонтированы до введения в действие Технического регламента и соответствующих изменений к нему.

Основным проблемным вопросом остается отсутствие единого открытого протокола передачи данных о пожаре. Многие организации, получившие доступ к рынку вывода сигнала о пожаре на пульт подразделений пожарной охраны, закрыли от конкурентов свои протоколы, сделав их коммерческой тайной с целью монополизации рынка. Мной же предлагается разработка на базе МЧС России единого открытого протокола передачи данных о пожаре. Это обеспечит создание здоровой конкурентной среды для производителей пожарной автоматики и большой выбор организаций и оборудования для конечных потребителей услуг пожарного мониторинга.

Список использованных источников

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. №69 - ФЗ "О пожарной безопасности" [Текст] / <http://www.consultant.ru>.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123 - "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [Текст] / <http://www.consultant.ru>.
3. Федеральный закон от 10.07.2012 РФ №117-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (№123-ФЗ) [Текст] / <http://www.consultant.ru>.

4. Поручение Президента РФ от 13 ноября 2009 г. № ПР-3021. «О необходимости вывода сигнала о срабатывании автоматической пожарной сигнализации на пульт государственной противопожарной службы «01» с объектов с массовым пребыванием людей». / <http://www.consultant.ru>.

5. СП 5.13130 «Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические»

7. Сайт производителя ППКОП «Цербер GSM»: <https://rubegnpo.ru/>.

8. Сайт производителя ПАК «Мираж»: <http://www.nppstels.ru/>.

9. Сайт производителя ПАК «ОКО»: <https://okoweb.ru/>.

10. Сайт производителя ПАК «Стрелец-Мониторинг»: <https://argus-spectr.ru/>.

11. Официальный сайт МЧС России: <http://www.mchs.gov.ru>.

Сборник материалов

**Всероссийской научно-практической конференции
«Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных
природных явлений и чрезвычайных ситуаций»**

25 октября 2019 года

г. Железногорск