

МОНИТОРИНГ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Сборник материалов
X Всероссийской научно-
практической конференции*



Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, 19 октября 2020 года, г. Железнодорожск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. - 366 с

X всероссийская научно-практическая конференция «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций» состоялась 16 октября 2020 года в г. Железнодорожске Красноярского края на базе ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

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

- пожарная безопасность объектов защиты;
- надзорная деятельность и нормативно-правовое обеспечение на современном этапе;
- технологии тушения пожаров и спасения людей;
- технологии проведения аварийноспасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- пожарная аварийноспасательная техника: проблемы, перспективы развития;
- расследование и экспертиза пожаров;
- информационные технологии и управление в области обеспечения безопасности;
- мониторинг, моделирование и прогнозирование чрезвычайных ситуаций;
- пропаганда и подготовка населения.

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

Содержание

Секция 1. «Мониторинг опасных природных процессов и явлений в окружающей среде»

О подходе к анализу систем нелинейной динамики в области мониторинга сейсмических процессов при развитии чрезвычайных ситуаций природного характера	8
<i>Шаповалова Г.Н., Тугушов К.В., Иванов О.П.</i>	
Проблема провокации опасных геологических процессов в зоне создания крупных водохранилищ	14
<i>Корпачев В.П., Пережилин А.И., Андрияс А.А.</i>	
Анализ обстановки с чрезвычайными ситуациями в Российской Федерации за 9 месяцев 2020г.	22
<i>Малёмина Е.Н., Загуменнова М.В., Копченев В.Н., Преображенская Е.С., Чечёткина Т.А.</i>	
Мониторинг качества природных вод Красноярского края	35
<i>Сакаш Г.В.</i>	
Мониторинг опасных природных процессов	41
<i>Сиабандов Э.Т., Сорокин А.А.</i>	
Мониторинг сейсмических рисков и прогнозирование пожарной обстановки при землетрясениях на территории Республики Алтай	46
<i>Алехин Р.А.</i>	
К вопросу об определении некоторых параметров снежных лавин	53
<i>Калач А.В., Калюжина Ж.С.</i>	
Мониторинг лесов поврежденных полиграфом уссурийским в границах ЗАТО Железнодорожск	57
<i>Андреев А.С., Коваль Ю.Н.</i>	
О содержании общей серы в углях различных месторождений и воздействии на окружающую среду	64
<i>Дроздов В.Д., Коваль Ю.Н., Кондратьева Л.В.</i>	

Секция 2. «Моделирование природных и техногенных рисков»

Моделирование временных рядов методами машинного обучения в применении к прогнозированию количества пожаров	69
<i>Матеров Е.Н.</i>	
Определение объема горючего материала на участке лесного массива при построении вероятностной модели возникновения очага возгорания	74
<i>Широухов А. В.</i>	

Прогнозируемая интенсивность лесных пожаров в национальном парке «Красноярские столбы».....	80
<i>Андреев А.Ю., Феоктистова А.В.</i>	
Учёт влияния факторов среды эксплуатации при экспериментальной отработке керамических изделий	90
<i>Ковель А.А., Бабенышев С.В., Тиняков С.Е.</i>	
Применение симплекс-метода при решении задач линейного программирования на примере выбора оптимального варианта распределения ресурсов при проведении мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций	97
<i>Мясников В.А., Николаев Г.А., Бояринова С.П.</i>	
Разработка трехмерной модели развития событий аварии на Чернобыльской АЭС	103
<i>Маркарян А.А., Бояринова С.П.</i>	
Имитационная модель процесса реагирования при возникновении чрезвычайных ситуаций на железной дороге	112
<i>Сисина О.А., Сирина Н.Ф.</i>	
Требования к разработке технических средств для проведения аварийно-спасательных работ	118
<i>Лункин Н.А., Багажков И.В.</i>	
О расчете устойчивости гидротехнических сооружений (грунтовых плотин) в программном комплексе GeoStudio	122
<i>Сибгатулина Д.Ш., Рыбаков А.В., Иванов Е.В., Алёшкин Г.С., Аткин А.В.</i>	
Исследование процесса электролиза для очистки сточных вод от примесей металлов	130
<i>Хвостова Д.О., Рукавишникова П.В., Кондратьева Л.В.</i>	
Секция 3. «Прогнозирование, анализ и оценка возможных последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	
Подходы к оценке последствий чрезвычайных ситуаций	136
<i>Харин В.В., Кондашов А.А., Удацова Е.Ю., Бобринев Е.В.</i>	
Прогнозирование аварий на объектах нефтеперерабатывающей отрасли	140
<i>Серёдкина А.А., Масаев С.Н.</i>	
Прогнозирование обстановки при аварийных ситуациях на Ачинском НПЗ	151
<i>Матевосян Г.А., Долгушина Л.В.</i>	
Планирование мероприятий инженерной защиты персонала объектов экономики в современных условиях	155
<i>Саулова Т.А., Бас В.И.</i>	

О пожарах и состоянии пожарной безопасности на объектах учреждений и органов уголовно-исполнительной системы Российской Федерации	163
<i>Калач А.В., Дмитриев Е.В.</i>	
Анализ причин и условий возникновения пожаров в стационарных учреждениях здравоохранения	166
<i>Оберемченко Н.Д.</i>	
Некоторые аспекты обеспечения безопасности граждан различных групп мобильности при пожаре на объекте с круглосуточным пребыванием людей	169
<i>Чепелев А.В., Дмитриенко С.А., Беляев А.С., Чуев К.М., Гулин Я.П.</i>	
Обеспечение пожарной безопасности на основе анализа обстановки с пожарами и их последствиями (на примере Иркутской области)	179
<i>Майорова А.В.</i>	
Проблемные вопросы в организации профилактики пожаров в сельских поселениях на примере населенных пунктов Новоселовского района Красноярского края	183
<i>Черкашин Д.В., Елфимова М.В.</i>	
Анализ действующих требований нормативных правовых документов в области контроля качества огнезащиты	188
<i>Лупанова А.В., Калач Е.В., Гапонин А.И.</i>	
Анализ пожарной опасности технологического процесса хранения нефти в резервуарном парке	194
<i>Цыдыпов Б.С., Долгушина Л.В.</i>	
Вопросы организации проверок работоспособности средств пожарной сигнализации	202
<i>Рыбаков И.В., Порошин А.А., Королёва В.В.</i>	
Исследование применения электрофизического поля для тушения пожаров на газопроводах	205
<i>Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т.</i>	
Оценка качества огнезащитных покрытий с использованием экспертных оценок	209
<i>Лупанова А.В., Калач Е.В., Науменко А.П.</i>	
Проблема подачи огнетушащих веществ на тушение пожаров в условиях низких температур	214
<i>Ширинкин П.В., Сержинмаа А.А.</i>	
Исследование свойств огнетушащих порошковых составов при введении в них цеолитов	221
<i>Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т.</i>	
Анализ применения насосно-рукавных систем при тушении крупных пожаров и ликвидации ЧС в России и за рубежом	226
<i>Сацук И.В.</i>	

Оценка условной вероятности травмирования людей при пожаре в зависимости от категории виновника пожара	233
<i>Кайбичев И.А., Покидов А.А.</i>	
Методика прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации взрывопожароопасного оборудования	242
<i>Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н.</i>	
Анализ требований, предъявляемых при проектировании систем дымоудаления	247
<i>Гудков М.А., Калков Д.Ю., Стриганов С.Р., Бокадаров С.А., Татаркин И.Н.</i>	
Влияние пожаров на экологию окружающей среды	254
<i>Куликов С.В.</i>	
Анализ и совершенствование системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на ПАО «НЗХК»	257
<i>Костенко П.С.</i>	
О выборе статистических моделей для анализа опасности загорания оборудования	259
<i>Зуев Р.В., Татаркин И.Н.</i>	
Применение испытаний компактных образцов в вопросах мониторинга технического состояния аппаратов нефтегазовых производств	261
<i>Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н.</i>	
Секция 4. «Современные технологии, методы и особенности управления при решении задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций»	
Об информационном обеспечении управления силами и средствами в лесопожарный период	266
<i>Гилёк С.А., Лазинский В.В., Ничепорчук В.В.</i>	
Анализ результатов применения информационных технологий при лицензировании деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры	274
<i>Зенкова И.Ф.</i>	
Информационно-вычислительные системы, используемые в органах государственного пожарного надзора	279
<i>Бурлаченко К.Г.</i>	
Обоснование концепции безопасности в информационной модели управления	282
<i>Кропотова Н.А., Пучков П.В.</i>	
Новый алгоритм трассировки сетей наружного противопожарного водоснабжения в условиях горного ландшафта	286
<i>Калач А.В., Дмитриев Е.В., Черепанов Е.А.</i>	

Исследование режима работы дежурных караулов в подразделениях пожарной охраны	291
<i>Власов К.С.</i>	
Риск-ориентированная система управления подготовкой специалистов в образовательных организациях высшего образования МЧС России	299
<i>Лупанова А.В., Калач Е.В.</i>	
Разработка трёхмерного образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики	304
<i>Николаев Г.А., Ревуцкий К.А., Демьянов Г.Г., Сафронов В.А., Сендин Э. В.</i>	
Системы позиционирования звеньев ГДЗС	318
<i>Степанов Е.В.</i>	
Анализ организации подготовки газодымозащитников на примере ФГКУ «Специальное управление ФПС № 2 МЧС России»	323
<i>Коноплев Ю.В., Долгушина Л.В.</i>	
Концепция создания специального программного и информационного обеспечения для совершенствования деятельности центров управления в кризисных ситуациях	330
<i>Агафонцев А.А., Бояринова С.П.</i>	
Анализ существующих интернет-технологий, обеспечивающих обучение и подготовку в области гражданской обороны и защиты населения в кризисных ситуациях	336
<i>Волков А.С., Бояринова С.П.</i>	
Особенности управления при проведении противодымных работ	341
<i>Сомин Р.И., Багажков И.В.</i>	
Методика расчётов моторизованного орудия для прокладки опорных полос на базе бензопилы «STIHL MS 440»	345
<i>Орловский С.Н.</i>	
Анализ использования образовательных видеоматериалов в системе подготовки населения и специалистов в области гражданской защиты	353
<i>Михальцов Д.В., Бояринова С.П.</i>	
Современное состояние исполнения контрольно-надзорных функций в области пожарной безопасности в Российской Федерации	359
<i>Дашко С.А., Калач Е.В., Агабеков В.Б.</i>	

СЕКЦИЯ 1. «Мониторинг опасных природных процессов и явлений в окружающей среде»

УДК-550.34

О подходе к анализу систем нелинейной динамики в области мониторинга сейсмических процессов при развитии чрезвычайных ситуаций природного характера

Шаповалова Галина Николаевна¹

Тугушов Константин Владимирович¹

кандидат технических наук, доцент

Иванов Олег Петрович²

кандидат геолого–минералогических наук, ведущий научный сотрудник

¹*ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России*

²*Музей землеведения МГУ им. М.В. Ломоносова*

Аннотация. Возможность использования методов нелинейной динамики для решения задач сейсмического прогнозирования приводит исследователей к пониманию термодинамических процессов в очаге землетрясений и выявлению параметров порядка при изучении отклика на сейсмические воздействия.

Ключевые слова: нелинейная динамика, сейсмология, критические точки, линейно–упругие модели, дискретно–нелинейные модели, кумулятивно–диссипативные среды

В рамках исследования процессов развития чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера возникает вопрос применения различных математических подходов к описанию сейсмического процесса в литосфере. При осуществлении мониторинга в данной области возможно использовать уравнения нелинейной динамики. В связи с этим важным аспектом является необходимость рассмотрения одного из подходов к анализу динамики развития землетрясений.

В настоящее время сейсмология перешла от континуальных линейно–упругих моделей исследуемых объектов к дискретной нелинейной модели геофизической среды и к нелинейным средам с учётом универсальных свойств нелинейных хаотических систем. Сейчас признано, что эволюция систем (включая и системы литосферы):

1. Является немонотонной и сопровождается прохождением кризисных состояний;
2. Эволюция системы через локальные катастрофы подсистем регулируется универсальным дирижером – самоорганизованной критичностью.

Используемые в настоящее время модели сейсмического режима и очага землетрясения, как правило, базируются на представлениях о геофизической среде как о сплошной, разрушаемой в момент землетрясения плоским разрывом. Дальнейшее развитие сейсмологии требует привлечения подходов нелинейной динамики для полного понимания термодинамики процессов в очаге и учёта иерархичности процесса отклика систем грунта на сейсмические воздействия.

Сейсмический процесс – следствие разрядки тектонических напряжений – носит все черты, присущие неравновесным самоорганизующимся необратимым процессам. В этом состоянии высокая чувствительность системы к малым флуктуациям внешней среды обеспечивает самоорганизацию её диссипативных структур за счёт внутренней энергии. Критические точки (точки бифуркаций) маркируют периоды неравновесных хаотических состояний системы и готовности системы перейти к более совершенной структурной организации (рис. 2). В этих точках, отвечающим неравновесным фазовым переходам и самоорганизации диссипативных структур, реализуются либо периодические, либо квазипериодические колебания (автоволны), обеспечивающие тот или иной механизм самоорганизации структур.

Критические значения управляющего параметра при переходе от одной структуры среды, потерявшей устойчивость, к другой, более устойчивой, связаны иерархической последовательностью. Процессы структурных перестроек в критических точках носят универсальный характер, так как инвариантны к внешним условиям и исходной структуре среды. Это объясняет причины универсального характера сохранения иерархического, блокового строения для столь различных явлений, как деформирование литосферы под действием тектонических сил, дробление горной породы взрывами, измельчение торфа на мельницах, реологический взрыв и т.д. [1].

Подобный выбор точек мониторинга как нельзя лучше обеспечивает переход к рассмотрению самоорганизации систем. Представления о самоорганизации предполагают возможность выделения из большого числа переменных, описывающих систему, малого числа переменных, названных параметрами порядка, которым вблизи точек неустойчивости системы (точек бифуркации) подчиняются все другие переменные.

Протекая в неоднородной, иерархически самоподобной среде, сейсмический процесс сам несет черты иерархичности, дискретности и автомодельности. Так как среда является кумулятивно – диссипативной, то накапливаемая в структурных объёмах среды потенциальная энергия диссипируется в основном на самоподобных подсистемах геологических разломов различного ранга или через фокусирующие структуры.

Особенности нелинейных систем.

Конец XIX века знаменует переход к нелинейной динамике. Поведение простых хаотических систем стало возможным описывать простой итерационной формулой с нелинейной зависимостью:

$$X_{n+1} = f(X_n, \lambda) \tag{1}$$

где $f(X_n, \lambda)$ – непрерывная функция; λ – параметр, управляющий обратной связью.

Если выделить пороговые значения $X = X^*$, отвечающие достижению точек бифуркаций в процессе нелинейной динамики системы, тогда значение X^* может быть найдено из (1).

В 1971 г. Н. Метрополис, М. Стайн и П. Стайн (теоретический отдел Лос-Аламосской лаборатории) открыли важное свойство итераций: при изменении параметра характер поведения итераций не зависит от конкретного вида итерируемой функции.

Начало нелинейному подходу было положено уравнением П.Ф. Ферхюльста (1845 г.) для описания связи между численностью популяции и обеспечением пищей в пределах ниши её существования [2]. Уравнение, названное потом в биологии логистическим, имело вид:

$$N_{n+1} = N_n + \alpha \times N_n - \beta \times N_n - \gamma \times N_n^2 \quad (2)$$

Здесь α – коэффициент рождаемости, β – коэффициент смертности, γ – коэффициент смертности, связанный с ограниченностью пищевого ресурса. Выбор квадратичной зависимости (2) обусловлен недостатком ресурсов, порождающим внутривидовую борьбу, интенсивность которой пропорциональна количеству возможных контактов между отдельными особями. Количество возможных парных контактов соответствует N

$$X = N(\gamma/\lambda) \quad (3)$$

$$\text{где } \lambda = 1 + \alpha - \beta; \quad 0 \leq \alpha; \quad \beta \leq 1; \quad 0 \leq X_n \leq 1$$

Этот подход (3) заинтересовал сейсмологов и сторонников теории эволюции. Сейсмология перешла от континуальной линейно – упругой модели к дискретной нелинейной модели геофизической среды, к нелинейным средам с учётом универсальных свойств нелинейных хаотических систем [3].

В итоге получен аналог дискретного отображения, так как прирост популяции происходит в дискретные моменты времени:

$$X_{n+1} = \lambda \times X_n \times (1 - X_n) \quad (4)$$

функция $f(X, \lambda) = \lambda \times X \times (1 - X)$ (3) представляет собой квадратичную параболу:

$$\lambda \times X \times (1 - X) = -\lambda \times \left(X - \frac{1}{2}\right)^2 - 1/4 \quad (5)$$

В этих точках, отвечающим неравновесным структурно-фазовым переходам и самоорганизации диссипативных структур, реализуются либо периодические, либо квазипериодические колебания (автоволны), обеспечивающие тот или иной механизм самоорганизации структур.

Критические точки (точки бифуркаций) маркируют периоды неравновесных хаотических состояний системы и готовность системы перейти к более совершенной структурной организации. Сейсмический процесс – следствие разрядки тектонических напряжений и носит все черты, присущие неравновесным самоорганизующимся необратимым процессам.

Используемые в настоящее время модели сейсмического режима и очага землетрясения, как правило, базируются на представлениях о геофизической среде как о сплошной, разрушаемой в момент землетрясения плоским разрывом (разломом).

Файгенбаум исследовал итерационные свойства этого отображения и установил, что поведение таких хаотических систем отвечает сценарию удвоения периода $T \rightarrow 2T \rightarrow 4T \rightarrow \dots$. Скорость перехода определяется константой $\delta = 4,669\dots$

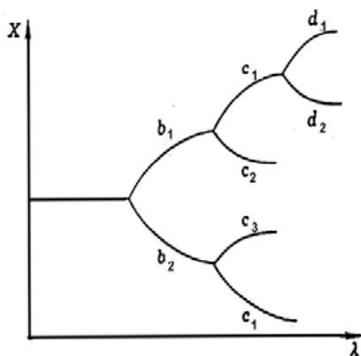


Рис.1. Схемы перехода от линейной функции к квазипериодической

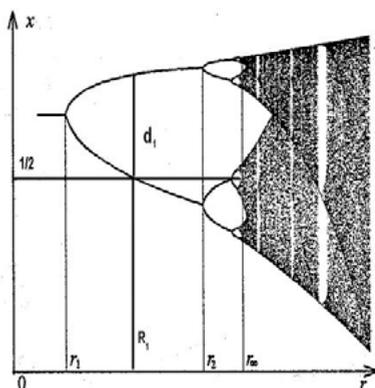


Рис. 2. Схемы перехода от квазипериодической функции к хаотической

Суть таких переходов (рис. 1, 2) в том, что это как бы перебор или поиск новых зон квазирезонанса, зон будущих дефектов. Трещиноватость в массиве пород при сейсмических воздействиях будет распространяться именно по ним. Переходы в точках бифуркации X_n^*/X_{n+1}^* носят самоуправляемый характер (6).

$$X_n^*/X_{n+1}^* = (1/\lambda^*) \times 1/(1 - X_n^*) \quad (6)$$

В этих точках (рис. 1), отвечающим неравновесным фазовым переходам и самоорганизации диссипативных структур, реализуются либо периодические, либо квазипериодические колебания (автоволны), обеспечивающие тот или иной механизм самоорганизации структур.

При $\lambda = \lambda^*$ возникает переход от упорядочения в зону бифуркации. При $X = X_n^*$, отношение X_n^*/X_n^* характеризует границы изменения управляющего параметра вплоть до которых величина $\lambda = \lambda^*$ сохраняется.

Пусть $1/\lambda^* = \Delta_i$ – мера устойчивости системы, а параметр $1/(1 - X_n^*)$ – способность системы к перестройкам при $1/\lambda^* = const$.

В свою очередь для иерархического ряда иррациональных чисел функция самоподобия может быть представлена в виде степенной зависимости:

$$F = \Delta_i^{1/m} \tag{7}$$

При $\Delta_i = const$ изменения происходят в последовательности $m = 1, 2, 4, 8, \dots, m^*$, где m^* является порогом (7) самоподобной связи Δ_i и m .

Введём понятие адаптивности как итога перехода в виде величины скачка управляющего параметра, установившегося после прохождения точки бифуркации:

$$Am = \lambda_i / \lambda_{i+1} \tag{8}$$

Рассмотрим возможность оценки состояния прошедшей через переход системы путём сравнения его с решениями обобщённого уравнения золотой пропорции:

$$X^{p+1} - X^p - 1 = 0 \tag{9}$$

Известно, что корни уравнения (9) связаны следующей зависимостью:

$$d_p - 1 = \Delta_i \tag{10}$$

В табл. показаны результаты решения уравнений (9), (10).

Таблица. Спектр корней D_i (в соответствии с $i=1,2,3,\dots$)

i	D_i	Am						
		2	4	8	16	32	64	128
2	0,465	0,63	-	-	-	-	-	-
3	0,380	0,62	0,79	-	-	-	-	-
4	0,324	0,57	0,75	0,87	-	-	-	-
5	0,285	0,53	0,73	0,85	0,92	-	-	-
6	0,255	0,5	0,71	0,84	0,92	0,96	-	-
7	0,232	0,48	0,69	0,83	0,91	0,95	0,98	-
8	0,213	0,46	0,68	0,82	0,91	0,95	0,98	0,99

Спектр корней Δ_i (таблица 1) выглядит следующим образом: 0,618; 0,465; 0,380; 0,324;....., 0,213; при $p = 1, 2, 3, 4$. Выше приведенный спектр нами был принят в качестве порога устойчивости структур. Важно отметить, что $1/8$ до третьего знака отвечает восьмому корню обобщённой золотой пропорции $1/8 = 1/4,669 = 0,213$, а динамическая устойчивость периодических систем контролируется величиной обратной связи и соответствует первому корню обобщённой золотой пропорции $\Delta_1 = 0,618$.

Системы с $0,213 \leq \Delta_1 \leq 0,618$ являются переходными. На наноуровне такой процесс включает самоподобное изменение критериев Нуссельта и Рейнольдса при изменении кода обратной связи, самоподобное изменение связи [1].

Предложенный подход позволит учитывать нелинейную динамику развития ЧС природного характера (землетрясений) с учетом неравновесных самоорганизующихся необратимых процессов, что позволит своевременно определять основные показатели опасности и давать более точную характеристику развивающимся процессам. Необходимо отметить, что данная задача важна в рамках взаимодействия МЧС России и Росгидрометом России (соглашение от 2019 года, регламент информационного взаимодействия и информационного обмена) для формирования прогнозной оценки возникновения ЧС при осуществлении мониторинга и прогнозирования ЧС, в том числе и быстроразвивающихся опасных природных явлений и техногенных процессов [4]. Поэтому требуется научное обоснование проведения мониторинга за развитием ЧС, что позволит научно обоснованно осуществлять комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения ЧС и развития последствий, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь в случае их возникновения.

Список использованных источников

1. Иванов О.П. Особенности самоорганизации сложных сред в процессе эволюции. Синергетика. Труды семинара. М.: МГУ. 2000. Т.3. С.264 – 272.
2. Иванов О.П., Малинецкий Г.Г., Рагозин А.Л. Синергетика природных опасностей и рисков. Синергетика. Труды семинара. М.: МГУ. 2001. Т.4. С. 57 – 74.
3. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Сейсмический процесс в блоковой среде. М. Наука, 1991. 95 с.
4. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/10107960> (дата обращения: 02.10.2020).

Проблема провокации опасных геологических процессов в зоне создания крупных водохранилищ

Корпачев Василий Петрович

кандидат технических наук, профессор

Пережилин Александр Иванович

кандидат биологических наук, доцент

Андрияс Андрей Александрович

кандидат технических наук, доцент

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

Аннотация: Создание крупных водохранилищ наряду с положительными эффектами сопряжено с проявлением нежелательных последствий. Серьезную опасность эксплуатации представляют активизирующиеся после наполнения водохранилища геологические процессы: наведенные землетрясения, оползни, перестроение берегов. Основным видом защиты от данных процессов является достоверное прогнозирование и разработка соответствующих мероприятий на стадии проектирования.

Ключевые слова: водохранилище, эксплуатация, безопасность, наведенные землетрясения, оползни, перестроение берегов.

Сооружение крупных гидротехнических комплексов наряду с положительным экономическим эффектом и обеспечением лучших условий водопользования сопряжено с нежелательными последствиями для окружающей среды и человека, провоцирует процессы, способные наносить материальные, экологические и социальные ущербы [1].

При проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнического комплекса, включая водохранилище, необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасность объекта в процессе его эксплуатации в течение расчетного срока службы.

В статье 3 Федерального закона № 117-ФЗ от 21.07.1997 дается следующее определение «безопасность гидротехнических сооружений – свойство гидротехнических сооружений, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов» [2, с. 2].

В работе [3, с. 35] В.В. Малаханов дает определение безопасности применительно к гидротехническим объектам: «Безопасность, как свойство системы «человек – объект – среда», – сохранять при эксплуатации в заданных условиях состояние, при котором объект сохраняет социальную значимость, экономическую

эффективность, экологическую приемлемость, эстетическую привлекательность и имеет нормативный уровень надежности в аварийной опасности».

В 2005 г. в России была проведена инвентаризация 26062 гидротехнических сооружений поднадзорных Минприроды России, из которых нормальный уровень безопасности имеют 30,4 % (7913), пониженный – 32,6 % (8493), неудовлетворительный – 16,5 % (4303), опасный – 6,5 % (1697), уровень безопасности неизвестен 14,0 % (3656). Подлежат декларированию 30,1 % (7840). Более низкие показатели уровня безопасности показала инвентаризация бесхозных гидротехнических сооружений поднадзорных Минприроды России [4].

В России давно назрела необходимость разработки стратегии развития водохозяйственного комплекса, учитывающего интересы всех водопользователей – энергетиков, транспортников, коммунальных и промышленных потребителей.

В России более 2 миллионов рек и более 2000 водохранилищ с объемом более 1 млн м³. Суммарный объем всех водохранилищ более 840 км³. При этом водохранилищ с объемом более 100 млн м³ – 104, а их объем 838,8 км³, объем остальных водохранилищ – 1,2 км³. Основные объемы сконцентрированы в сравнительно небольшом количестве крупных водохранилищ. Представляют интерес сведения о соотношении количества построенных больших плотин в разных странах. В России больших плотин в 403 раза меньше, чем в КНР, в 105 раз меньше, чем в США, в 42 раза меньше, чем в Индии. Все это происходит на фоне решений Правительства о прекращении проектирования и строительства крупных ГЭС [5].

Созданные и эксплуатирующиеся водохранилища нельзя рассматривать лишь как объем (запас) воды – это живой организм, оказывающий влияние на окружающую среду и создающий ряд проблем, решение которых необходимо для обеспечения безопасности эксплуатации гидротехнического комплекса и инфраструктуры в зоне действия водохранилищ.

Сосредоточенная масса воды в крупных водохранилищах в миллионы тонн может спровоцировать (активизировать) движение земной коры в активных регионах, вызывая наведенные землетрясения (табл. 1) [6].

Таблица 1. Возникновение землетрясений в связи с созданием крупных водохранилищ

Водохранилище	Страна	Объем водохранилища, км ³	Год заполнения до НПУ	Высота плотины, м	Землетрясение	
					год	магнитуда
Шиваджисагар	Индия	2,8	1961	103	1967*	7,0
Синьфынцзян	Китай	13,9	1961	105	1961	6,1
Кариба	Замбия – Зимбабве	160,0	1963	126	1963	6,25
Кремаста	Греция	3,8	1965	165	1966	6,3
Кастраки	Греция	1,0	1969	96	1969	6,3

Примечание: * – год наиболее мощного землетрясения; слабые подземные толчки регистрировались с момента 50 % наполнения водохранилища от проектной отметки нормального подпорного уровня (НПУ).

Очевидно, при накоплении больших масс воды в исторически короткий период изменяются условия движения напорных и инфильтрационных вод под ложем водохранилища, что может провоцировать техногенные землетрясения.

Вероятность возникновения инициированных землетрясений растет с увеличением высоты плотины. Для плотин высотой более 90 м возбужденная сейсмичность отмечается в 10 % случаев, для плотин высотой более 140 м – в 21 % случаев [7].

Специально созданная комиссия ЮНЕСКО установила, что от возникновения таких наведенных землетрясений не гарантированно не одно водохранилище мира [8].

Сейсмическое воздействие на гидротехническое сооружение представляет опасность и принимается во внимание при проектировании в случае возможных землетрясений интенсивностью 7 баллов и выше. Современные гидросооружения обладают достаточной сейсмостойкостью. Аварии на грунтовых гидротехнических объектах зафиксированы в 4 % случаев, бетонных – еще реже [6].

Сильное землетрясение может также спровоцировать обвально-оползневые явления с непредсказуемыми последствиями в верхнем и нижнем бьефах.

Оползневые движения грунта возникают в результате действия геологических процессов в поверхностном слое земной коры под разрушающим воздействием воды, ветра, ледников. Оползни происходят при нарушении предельного равновесия склона, приводящем к изменению внешней формы и крутизны склона.

Оползневые процессы наблюдаются на всех крупных водохранилищах Сибири. Уже в процессе заполнения Братского водохранилища было зарегистрировано 17 случаев оползневого процесса. На Братском водохранилище оползни составляют 5 % береговой линии [9]. Берега Богучанского водохранилища значительно слабее подвержены оползневым процессам, чем Братского и Усть-Илимского водохранилища – оползневые процессы составляют только 4 % от всей длины береговых откосов долины Ангары [10].

Ущерб от периодических оползней на водохранилищах ГЭС оценивался объемом дополнительных наносов в ложе водохранилищ и не влиял на величину дополнительных затрат на эксплуатацию водохранилищ. Отношение к оползневым явлениям резко изменил взгляд ученых, проектировщиков и служб эксплуатации водохранилищ произошедший в декабре 2018 года оползень на Бурейском водохранилище.

В результате схода оползня Бурейское водохранилище оказалось разделено завалом-перемычкой на две изолированные части. Этот оползень стал одним из крупнейших в России. Оползневое тело полностью перекрыло водохранилище от берега до берега высокой каменной плотиной длиной 800 м. Ширина ее в самом узком месте составляла 150 м, а в средней части 620 м, общий объем оползневого тела равен 24,5 млн м³ скальной породы [11].

Для пропуска расходов зимней межени был прорыт канал длиной 240 м, шириной по поверхности воды от 100 до 150 м, по дну от 8 до 120 м. скорость течения составляла более 18 м/с, пропускная способность 1600 – 1700 м³/с [12].

Причиной произошедшего оползня могло быть наложение ряда природных процессов. Это трещиноватость скальной породы, снижение устойчивости обусловлено проникновением воды в многочисленные трещины, что способствовало расширению трещины под действием напора и зимних температур воздуха. Накануне срыва оползня температура воздуха была минус 27 – 31 °С.

Немалую опасность представляет процесс формирования ложа и берегов водохранилища. Гидрологические факторы – волны, течения, колебания уровня воды, ледовые процессы, температурное воздействие и физико-химические свойства воды играют основную роль в переформировании берегов водохранилищ.

Любое водохранилище обладает практически персональным набором природно-климатических, морфометрических, инженерно-геологических и других характеристик, влияющих на уровень проявления и развития абразионно-эрозионных процессов на его берегах (табл. 2) [13].

Таблица 2. Характеристики крупных водохранилищ ГЭС Сибири

Показатель	Водохранилище					
	Саяно-Шушенское	Красноярское	Иркутское*	Братское	Усть-Илимское	Богучанское
Год первого заполнения до НПУ	1990	1970	1959	1967	1977	2015
Площадь зеркала водохранилища, км ²	621	2000	154	5470	1922	2326
Протяженность водохранилища, км	312	380	55	570	302	375
Величина сработки уровня, м	40	20	1	10	2	1
Общая длина береговой линии, км	1364	1560	275	6036	2384	2430
Доля абразионно-размываемых берегов, %	9	71	38	41	26	32

Примечание: * – только Ангарская часть водохранилища (без учёта подпора оз. Байкал).

Переформирование берегов водохранилищ происходит в два этапа. В первый период (до 5 – 10 лет после затопления) наблюдается интенсивное разрушение берегов. Во второй период (20 – 30 лет) происходит стабилизация берега водохранилища [9; 14]. На Братском водохранилище в первые пять лет затопления водохранилища с 1962 по 1967 г. берег отступил на 759 м, на Каховском водохранилище к концу четвертого года наполнения размыв берега составлял от 90 до 100 м.

Размыву берегов водохранилищ наибольшую опасность представляют волновые нагрузки и вдольбереговые течения. На водохранилищах формируются плесовые участки, на которых длина разгона волны достигает десятки километров, высота волн – 3 – 4 м.

За период существования Братского водохранилища среднее отступление берега составило от 3,7 до 108,0 м. Доля абразионного размыва берега Братского водохранилища составила более 40 % [9].

Абразионным процессам подвержены берега относительно недавно созданного Богучанского водохранилища (рис. 1) – заполнение которого до проектной отметки НПУ 208,0 м БС было произведено 17.06.2015 г. Длина размываемых берегов составляет 766 км или 31,5 % от периметра береговой линии.



Рис. 1. Размываемые берега Богучанского водохранилища (2016 г.)

На рис. 2 представлены графики прогнозируемых величин размывов на отдельных участках берегов Богучанского водохранилища на 10, 25, 50 и 100-летний период, построенные по материалам [10; 14; 15].

Опыт эксплуатации Братского и Усть-Илимского водохранилищ показывает, что наибольшая активизация эрозийных процессов наблюдается на территориях сведения лесных массивов и уничтожения почвенно-дернового покрова.

При этом древесная растительность выполняет двойную функцию: растущая на берегах водохранилища корнями укрепляет почву и препятствует размыву; полузатопленная вдоль береговой линии снижает динамическое воздействие волн на берега. Но при этом, обрушение в воду (вследствие подмыва, ветровала и т.п.) происходит большого объема грунта вместе с корневой системой, а отпад полузатопленных древостоев в течение 5 – 10 лет приводит к формированию объемов плавающей древесины, т.е. появлению дополнительного негативного фактора [15].

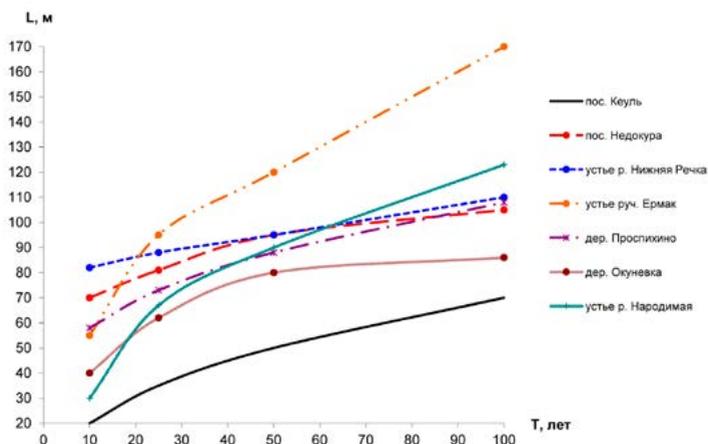


Рис. 2. Прогнозная динамика размыва берегов Богучанского водохранилища для семи расчетных створов

Приведенные данные свидетельствуют о значительных потерях земель вследствие размыва берегов, причем не только на Богучанском водохранилище. При отсутствии контроля над процессом перестроения берегов может создаться реальная угроза населенным пунктам и другим инженерным объектам, расположенным в прибрежной зоне водохранилища.

Влияние водохранилищ на окружающую среду можно проследить на примере созданного Волжского каскада ГЭС. При длине Волги 3690 км только на 230-километровом участке сохранился режим реки. Из-за размыва берегов сформировалась опасность разрушения домов, промышленных зданий, коммуникаций, архитектурно-исторических застроек во многих населенных пунктах вдоль зарегулированной водохранилищами реки Волги.

Зарегулированная река решила проблему водообеспечения Череповецкого металлургического комбината, но при этом население волжских городов использует воду плохого качества из волжских водохранилищ. Водоохранилища улучшили условия судоходства на Волге, но в последние десятилетия все более отчетливо стали проявляться последствия зарегулирования стока.

В 2006 – 2008 годах выгорела без воды Волго-Ахтубинская пойма. В 2006 г. максимальный сброс воды составил 18 тыс. м³/с, что составляет 70 % от необходимого объема для обводнения поймы. Озера остались без воды и рыба не зашла на нерест [16].

В августе 2016 г. в Волгограде президент России В.В. Путин провел заседание президиума Госсовета, посвященное внутреннему водному транспорту. Отмечая высокий конкурентный потенциал водного транспорта, низкую себестоимость перевозок и энергоэффективность, президент отметил, что протяженность водных путей с гарантированными габаритами судового хода снизилась на 30 %, грузо-

оборот уменьшился в 3,3 раза, потерялась сквозная проходимость Волги и Дона, обеспечиваемая комплексом гидротехнических сооружений. Президент потребовал от руководителей ключевых федеральных ведомств вернуть состояние внутреннего водного транспорта на уровень 1990-х годов [17].

Заключение

Опыт проектирования, создания и эксплуатации водохранилищ ГЭС показывает значительное непосредственное взаимодействие созданных искусственных водных объектов с окружающей геологической средой. Это активизация движения земной коры в сейсмически активных регионах, оползни (отличающиеся только лишь размером), абразия и размыв берегов под воздействием ветро-волновых нагрузок.

Для обеспечения безопасности от сейсмического воздействия на гидротехнический комплекс при проектировании необходимо учитывать вероятность возможного землетрясения в районе строительства магнитудой 7 баллов и выше.

На стадии инженерно-экологических изысканий необходимо составлять карту прогнозируемых оползней и в дальнейшем вести постоянный мониторинг на оползнеопасных участках для своевременного принятия обоснованных управленческих решений.

Разработка прогноза размыва берегов водохранилищ необходима для планирования мероприятий по предотвращению комплекса отрицательных последствия изменения положения уреза воды как на окружающую среду, так и на инфраструктуру данного региона. При этом необходимо понимать, что полностью защитить берега водохранилищ от размыва практически невозможно. Однако, для особо опасных участков (со значительной величиной размыва) и социально значимых объектов необходимо предусматривать соответствующий комплекс мероприятий по защите берегов.

При создании каскадов водохранилищ (по типу Волжского, Ангарского и т.п.) необходимо учитывать кумулятивный эффект и отдаленное проявление некоторых негативных процессов.

Список использованных источников

1. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятия решений. – СПб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2002. – 591 с.
2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ (ред. от 29.07.2018) «О безопасности гидротехнических сооружений» // СПС КонсультантПлюс.
3. Малаханов В.В. О концепции безопасности гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 2003. – № 9. – С. 34-40.
4. Фролов Д.И., Волосухин В.А. Совершенствование российского законодательства по безопасности гидротехнических сооружений // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2012. – № 6. – С. 17-21.

5. Беляков А.А. Зачем России «Речная доктрина»? // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2019. – № 2. – С. 15-19.
6. Авакян А.Б., Матарзин Ю.М., Салтанкин В.П. и др. Водохранилища и их воздействия на окружающую среду. – М.: Мысль, 1986. – 367 с.
7. Харькина М.А., Горбушина В.К. Экологические издержки гидроэнергетики // Энергия: экономика, техника, экология. – М.: Наука. 2004. – № 4. – С. 32-39.
8. Плотины и развитие: Новая методическая основа для принятия решений: отчет Всемирной комиссии по плотинам. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2009. – 200 с.
9. Овчинников Г.И., Карнаухова Г.А. Прибрежные наносы и донные отложения Братского водохранилища: монография. – Новосибирск: Наука, 1985. – 68 с.
10. Тржцинский Ю.Б., Горюнов А.А., Шенькман Б.М. и др. Богучанское водохранилище. Подземные воды и инженерная геология: монография. – Новосибирск: «Наука», 1979. – 157 с.
11. Махинов А.Н. Оползень и цунами на реке Бурее 11 декабря 2018 года // Природа. – 2019. – 4. – С. 12-22.
12. Лапин Г.Г. Об оползне в Бурейское водохранилище // Гидротехническое строительство. – 2019. – № 12. – С. 2-5.
13. Мониторинг размыва берегов Богучанского водохранилища с разработкой мероприятий по защите сильноразмываемых участков: отчет о НИР/ СибГТУ; рук. Пережилин А.И. – 2015. – 30 с.
14. Рекомендации по оценке и прогнозу размыва берегов равнинных рек и водохранилищ для строительства / Произв. и НИИ по инж. изысканиям в стр-ве. – М.: Стройиздат, 1987. – 68 с.
15. Корпачев В.П., Пережилин А.И., Андрияс А.А. Водохранилища ГЭС Сибири. Проблемы проектирования. Создания и эксплуатации: монография. – Красноярск: СибГТУ, 2015. – 209 с.
16. Байкова Л.И. Вернем Волге статус реки! // Реки Сибири и Дальнего Востока: мат. VIII междунар. науч.-практ. конф. – Иркутск: ИРОО «Байкальская экологическая волна», 2013. – С. 168-171.
17. Заседание президиума Госсовета по вопросу развития внутренних водных путей (15.08.2016): стенографический отчет о заседании. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/52713> (дата обращения: 02.10.2020)

Анализ обстановки с чрезвычайными ситуациями в Российской Федерации за 9 месяцев 2020г.

*Малёмина Екатерина Николаевна
Загуменнова Марина Викторовна
Копченев Владимир Николаевич
Преображенская Елена Сергеевна
Чечёткина Татьяна Алексеевна*

*ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России»*

Аннотация: Представлены результаты статистического анализа обстановки с чрезвычайными ситуациями в Российской Федерации и по федеральным округам за 9 месяцев 2019–2020гг. Анализ производился по количеству чрезвычайных ситуаций, числу погибших, пострадавших и спасённых людей при чрезвычайных ситуациях. Анализировался ущерб, причинённый чрезвычайными ситуациями.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, техногенная чрезвычайная ситуация, природная чрезвычайная ситуация, биолого-социальная чрезвычайная ситуация, террористический акт, материальный ущерб, число погибших людей, число пострадавших людей, число спасённых людей

За 9 месяцев 2020 года общее число чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) в Российской Федерации увеличилось на 29,08 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года (табл.1).

Таблица 1. Число ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Причина возникновения	Количество, шт.		Прирост, (+) Снижение (-) %
	2019	2020	
Техногенные ЧС	141	136	-3,55
Крупные террористические акты	0	0	0,00
Природные ЧС	43	72	67,44
Биолого-социальные ЧС	12	45	в 3,8 раз
Российская Федерация	196	253	29,08

Основными причинами возникновения ЧС за 9 месяцев 2020 года были техногенные, природные и биолого-социальные. На долю техногенных ЧС в 2020 году приходилось 53,8 % от общего числа ЧС, на долю природных 28,5 %, на долю био-

лого-социальных 17,8 %. За 9 месяцев 2019 года на долю техногенных ЧС приходилось 71,9 % от общего числа ЧС, на долю природных 21,9 %, на долю биолого-социальных 6,1 %. Таким образом, за 9 месяцев 2020 года доля ЧС техногенного характера уменьшилась на 18,18 %, доля природных ЧС увеличилась на 6,52 %, доля биолого-социальных ЧС увеличилась на 11,66 % по сравнению с 9 месяцами 2019 года (рис.1).

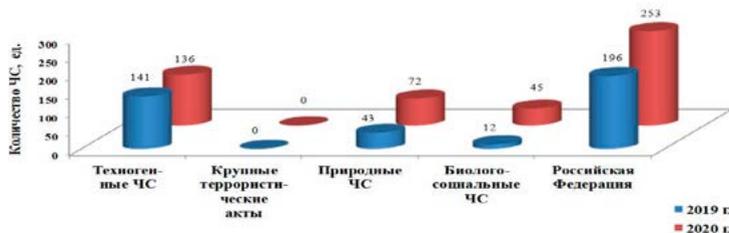


Рис. 1. Распределение числа ЧС в Российской Федерации по причинам возникновения за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Число погибших людей в результате ЧС за 9 месяцев 2020 года составило 272 человека и уменьшилось на 30,08 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года (табл.2).

Таблица 2. Число погибших в ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Причина возникновения	Количество, шт.		Прирост, (+) Снижение (-) %
	2019	2020	
Техногенные ЧС	141	136	-3,55
Крупные террористические акты	0	0	0,00
Природные ЧС	43	72	67,44
Биолого-социальные ЧС	12	45	в 3,8 раз
Российская Федерация	196	253	29,08

Число погибших людей в результате техногенных ЧС за 9 месяцев 2020 года уменьшилось на 23,66 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, и их доля составила 99,6 % от общего числа погибших, против 91,3 % за 9 месяцев 2019 года.

Число погибших в результате природных ЧС за 9 месяцев 2020 года уменьшилось в 34 раза по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, и их доля составила 0,4 % от общего числа погибших, против 8,7 % за 9 месяцев 2019 года. Погибших в крупных террористических актах за 9 месяцев 2020 года не зарегистрировано (рис.2).

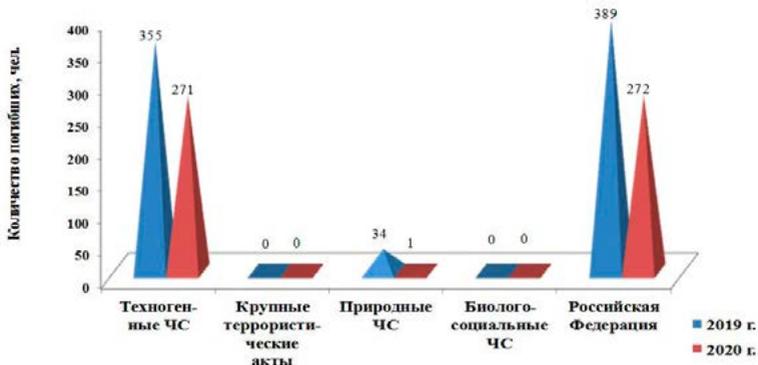


Рис. 2. Распределение числа погибших в ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Общее число пострадавших за 9 месяцев 2020 года составило 4642 человека и уменьшилось в 25,7 раза по сравнению с аналогичным периодом 2019 года (119517) человек, (табл.3).

Таблица 3. Число пострадавших в ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Причина возникновения	Пострадало, чел.		Прирост, (+) Снижение (-) %
	2019	2020	
Техногенные ЧС	1831	2724	48,77
Крупные террористические акты	0	0	0,00
Природные ЧС	117686	1795	- в 65,6 раза
Биолого-социальные ЧС	0	123	+ 123 чел.
ИТОГО:	119517	4642	- в 25,7 раза

За 9 месяцев 2020 года число пострадавших в техногенных ЧС увеличилось на 48,77 % и их доля составила 58,7 % от общего числа пострадавших в ЧС. За 9 месяцев 2019 года доля пострадавших в техногенных ЧС составила 1,5 % от общего числа пострадавших.

Число пострадавших в крупных террористических актах за 9 месяцев 2020 года не зарегистрировано.

Количество пострадавших в природных ЧС за 9 месяцев 2020 года уменьшилось в 65,6 раза, и их доля составила 38,7 % от общего числа пострадавших. За 9 месяцев 2019 года доля пострадавших в природных ЧС составляла 98,5 % от общего числа пострадавших в ЧС (рис.3).

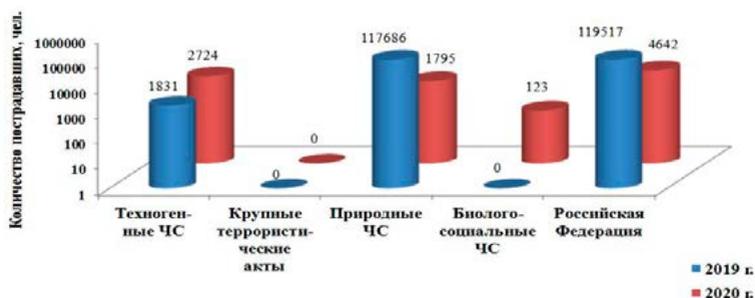


Рис. 3. Распределение числа пострадавших в ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Общее число спасённых за 9 месяцев 2020 года составило 1854 человека и уменьшилось в 4,7 раза по сравнению с аналогичным периодом 2019 года (8755) человек, (табл.4).

Таблица 4. Число спасённых в ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Причина возникновения	Спасено, чел.		Прирост, (+) Снижение (-) %
	2019	2020	
Техногенные ЧС	1460	753	-48,42
Крупные террористические акты	0	0	0,00
Природные ЧС	7295	1101	- в 6,6 раза
Биолого-социальные ЧС	0	0	0,00
ИТОГО:	8755	1854	- в 4,7 раза

За 9 месяцев 2020 года число спасённых в техногенных ЧС уменьшилось на 48,42 % и их доля составила 40,6 % от общего числа спасённых в ЧС. За 9 месяцев 2019 года доля спасённых в техногенных ЧС составляла 16,7 % от общего числа спасённых.

Число спасённых в крупных террористических актах за 9 месяцев 2020 года не зарегистрировано.

Доля спасённых в природных ЧС за 9 месяцев 2020 года составила 59,4 % от общего числа спасённых. За 9 месяцев 2019 года доля спасённых в природных ЧС составляла 83,3% от общего числа спасённых в ЧС (рис.4).

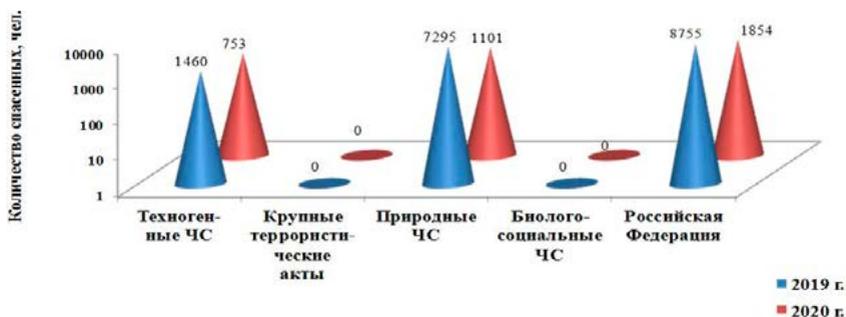


Рис. 4. Распределение числа спасённых в ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Общий материальный ущерб за 9 месяцев 2020 года уменьшился в 11,7 раза по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года (табл.5).

Таблица 5. Материальный ущерб в результате ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Причина возникновения	Материальный ущерб, (тыс. руб.)		Прирост, (+) Снижение (-) %
	2019	2020	
Техногенные ЧС	4718627,167	195065,228	- в 24,2 раза
Крупные террористические акты	0	0	0,00
Природные ЧС	15005437,161	1532382,11	- в 9,8 раза
Биолого-социальные ЧС	737237,71	25231,39	- в 29,2 раза
ИТОГО:	20461302,04	1752678,73	- в 11,7 раза

Материальный ущерб от техногенных ЧС за 9 месяцев 2020 года составил 195065,228 тыс. руб. и уменьшился в 24,2 раза по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Доля материального ущерба от техногенных ЧС за 9 месяцев 2020 года составила 11,1 % от общего материального ущерба, против 23,1 % за 9 месяцев 2019 года.

Материальный ущерб от природных ЧС за 9 месяцев 2020 года составил 1532382,11 тыс. руб. и уменьшился в 9,8 раза по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Доля материального ущерба от природных ЧС за 9 месяцев 2020 года составила 87,4 % от общего материального ущерба, против 73,3 % за 9 месяцев 2019 года.

Материальный ущерб от биолого-социальных ЧС за 9 месяцев 2020 года уменьшился в 29,2 раза по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, а его доля в общем материальном ущербе составила 1,4 %. Доля материального ущерба от биолого-социальных ЧС в общем ущербе за 9 месяцев 2019 года составляла 3,6 % (рис.5).

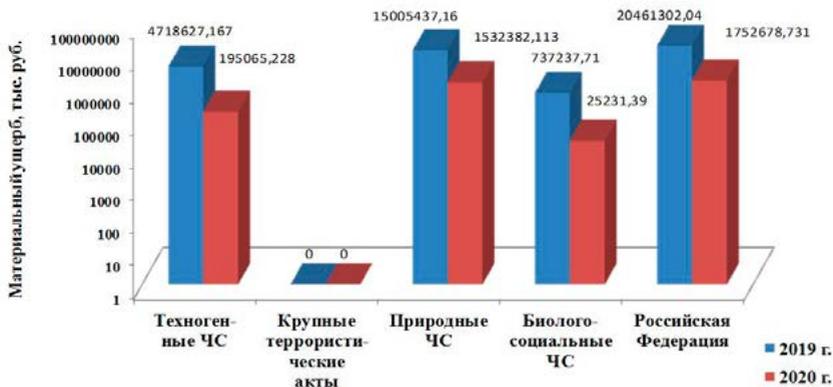


Рис. 5. Распределение материального ущерба в результате ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

По масштабам распространения ЧС за 9 месяцев 2019 года на локальные приходилось (41,33 %), на муниципальные (40,82 %), на межмуниципальные (3,06 %), на региональные (12,76 %), на межрегиональные (0,00 %), на федеральные (2,04 %) (табл.6, рис.6).

Таблица 6. Масштабы распространения ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2019 года

Масштабность ЧС	2019 г.	Структура, %
Локальные	81	41,33
Муниципальные	80	40,82
Межмуниципальные	6	3,06
Региональные	25	12,76
Межрегиональные	0	0,00
Федеральные	4	2,04

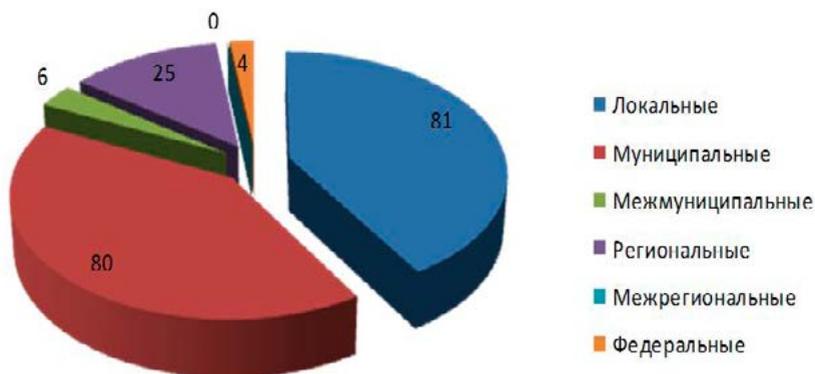


Рис. 6. Распределение ЧС по Российской Федерации по границам зон распространения поражающих факторов за 9 месяцев 2019 года

За 9 месяцев 2020 года количество локальных ЧС увеличилась на 9,88 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Число муниципальных ЧС увеличилась на 80 %. Число межмуниципальных ЧС уменьшилось на 16,67 %, региональных ЧС уменьшилось на 44 %, федеральных ЧС уменьшилось на 75 % (табл.7, рис.7).

Таблица 7 Масштабы распространения ЧС в Российской Федерации за 9 месяцев 2020 года

Масштабность ЧС	2020 г.	Структура, %
Локальные	89	35,18
Муниципальные	144	56,92
Межмуниципальные	5	1,98
Региональные	14	5,53
Межрегиональные	0	0,00
Федеральные	1	0,40

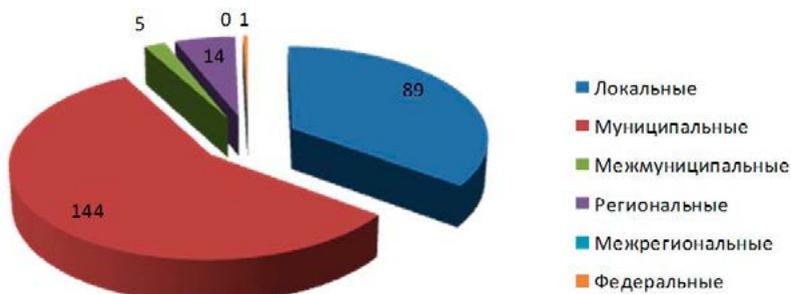


Рис. 7. Распределение ЧС по Российской Федерации по границам зон распространения поражающих факторов за 9 месяцев 2020 года

Анализ ЧС, произошедших за 9 месяцев 2020 года, по федеральным округам (табл.8, рис.8) выявил, что количество ЧС в Дальневосточном федеральном округе увеличилось в 2 раза, в Сибирском федеральном округе увеличилось на 5 %, в Уральском федеральном округе увеличилось на 45,45 %, в Приволжском федеральном округе увеличилось на 22,5 %, в Южном федеральном округе увеличилось на 34,38 %, в Северо-Кавказском федеральном округе уменьшилось в 2,3 раза, в Северо-Западном федеральном округе увеличилось на 50 %, в Центральном федеральном округе увеличилось на 5,71 % по сравнению с 9 месяцами 2019 года.

Таблица 8. Изменение числа ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

ФО	2019 г.	2020 г.	Прирост (+) Снижение (-) %
Дальневосточный	32	65	в 2 раза
Сибирский	20	21	5,00
Уральский	11	16	45,45
Приволжский	40	49	22,50
Южный	32	43	34,38
Северо-Кавказский	16	7	- в 2,3 раза
Северо-Западный	10	15	50,00
Центральный	35	37	5,71
Итого:	196	253	29,08

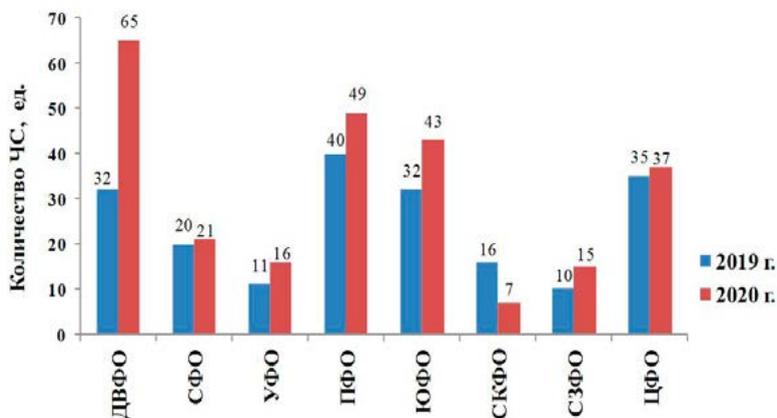


Рис. 8. Распределение числа ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

За 9 месяцев 2020 года число погибших в ЧС в Дальневосточном федеральном округе уменьшилось в 4,3 раза, в Сибирском федеральном округе уменьшилось в 2,2 раза, в Уральском федеральном округе увеличилось на 86,67 %, в Приволжском федеральном округе увеличилось в 2,1 раза, в Южном федеральном округе уменьшилось на 25,68 %, в Северо-Кавказском федеральном округе уменьшилось в 3,6 раза, в Северо-Западном федеральном округе увеличилось в 2,1 раза, в Центральном федеральном округе уменьшилось в 2,5 раза по сравнению с 9 месяцами 2019 года (табл.9, рис.9).

Таблица 9. Изменение числа погибших в ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

ФО	2019 г.	2020 г.	Прирост (+) Снижение (-) %
Дальневосточный	34	8	- в 4,3 раз
Сибирский	67	31	- в 2,2 раз
Уральский	15	28	86,67
Приволжский	32	68	в 2,1 раза
Южный	74	55	-25,68
Северо-Кавказский	32	9	- в 3,6 раз
Северо-Западный	11	23	в 2,1 раза
Центральный	124	50	- в 2,5 раза
Итого:	389	272	-30,08

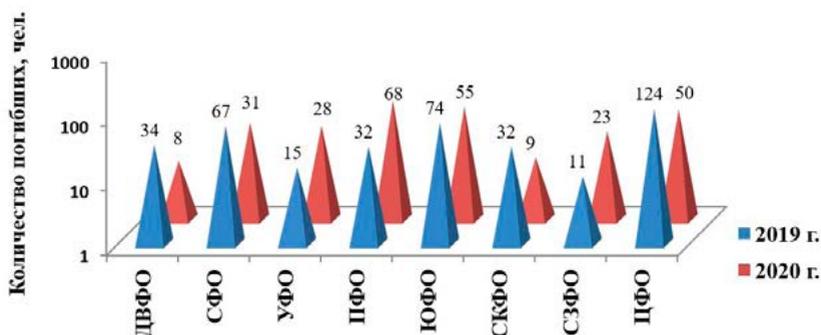


Рис. 9. Распределение числа погибших в ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

За 9 месяцев 2020 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, число пострадавших в результате ЧС в Дальневосточном федеральном округе уменьшилось в 92,3 раза, в Сибирском федеральном округе уменьшилось в 325,5 раза, в Уральском федеральном округе уменьшилось в 2,2 раза, в Приволжском федеральном округе увеличилось в 2,1 раза, в Южном федеральном округе увеличилось на 38,73 %, в Северо-Кавказском федеральном округе уменьшилось на 48,28 %, в Северо-Западном федеральном округе увеличилось в 24,6 раза, в Центральном федеральном округе уменьшилось в 2,7 раза по сравнению с 9 месяцами 2019 года (табл.10, рис.10).

Таблица 10. Изменение числа пострадавших в ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

ФО	2019 г.	2020 г.	Прирост (+) Снижение (-) %
Дальневосточный	70687	766	- в 92,3 раза
Сибирский	47200	145	- в 325,5 раза
Уральский	177	81	- в 2,2 раза
Приволжский	360	744	в 2,1 раза
Южный	315	437	38,73
Северо-Кавказский	116	60	-48,28
Северо-Западный	89	2193	в 24,6 раза
Центральный	573	216	- в 2,7 раза
Итого:	119517	4642	- в 25,7 раза

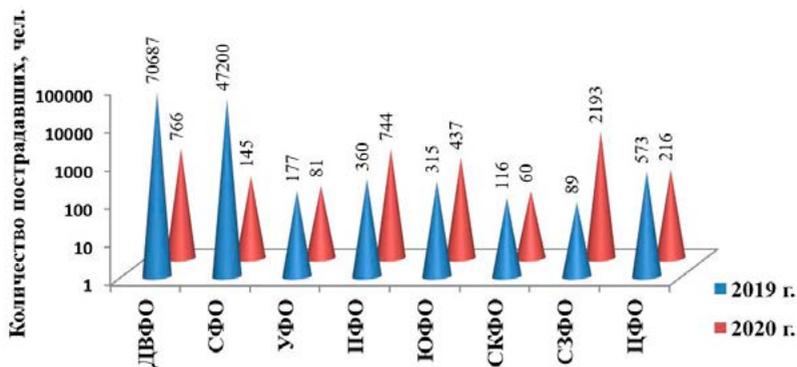


Рис. 10. Распределение числа пострадавших в ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

За 9 месяцев 2020 года по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, число спасённых в результате ЧС в Дальневосточном федеральном округе уменьшилось в 13,5 раза, в Сибирском федеральном округе уменьшилось в 28,9 раза, в Уральском федеральном округе уменьшилось в 3,1 раза, в Приволжском федеральном округе увеличилось на 81,73 %, в Южном федеральном округе уменьшилось в 2,1 раза, в Северо-Кавказском федеральном округе уменьшилось на 39,29 %, в Северо-Западном федеральном округе увеличилось в 5,6 раза, в Центральном федеральном округе уменьшилось в 2,1 раза по сравнению с 9 месяцами 2019 года (табл.11, рис.11).

Таблица 11. Изменение числа спасённых в ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

ФО	2019 г.	2020 г.	Прирост (+) Снижение (-) %
Дальневосточный	4134	306	- в 13,5 раза
Сибирский	3295	114	- в 28,9 раза
Уральский	162	53	- в 3,1 раза
Приволжский	312	567	81,73
Южный	241	113	- в 2,1 раза
Северо-Кавказский	84	51	-39,29
Северо-Западный	78	436	в 5,6 раза
Центральный	449	214	- в 2,1 раза
Итого:	8755	1854	- в 4,7 раза

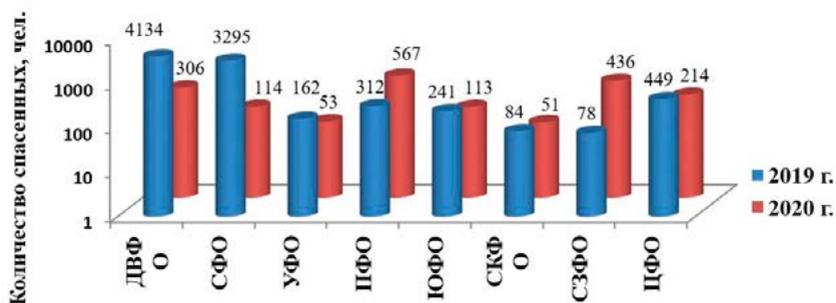


Рис. 11. Распределение числа спасённых в ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

За 9 месяцев 2020 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, материальный ущерб в результате ЧС в Дальневосточном федеральном округе уменьшился в 145,7 раза, в Сибирском федеральном округе увеличился в 2,2 раза, в Уральском федеральном округе уменьшился в 33,3 раза, в Приволжском федеральном округе уменьшился в 13,9 раза, в Южном федеральном округе увеличился в 18,5 раза, в Северо-Кавказском федеральном округе уменьшился на 2094829 тыс. руб., в Северо-Западном федеральном округе увеличился на 29484,671 тыс. руб., в Центральном федеральном округе уменьшился на 46,74 % по сравнению с 9 месяцами 2019 года (табл.12, рис.12).

Таблица 12. Изменение материального ущерба от ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

ФО	2019 г.	2020 г.	Прирост (+) Снижение (-) %
Дальневосточный	12616378,54	86604,844	- в 145,7 раза
Сибирский	49689,322	109848,611	в 2,2 раза
Уральский	124335,089	3733	- в 33,3 раза
Приволжский	5475459,847	395280	- в 13,9 раза
Южный	59864,159	1106026,93	в 18,5 раза
Северо-Кавказский	2094829	0	- 2094829 тыс. руб.
Северо-Западный	0	29484,671	+ 29484,671 тыс. руб.
Центральный	40745,23	21700,449	-46,74
Итого:	20461301,19	1752678,5	- в 11,7 раза

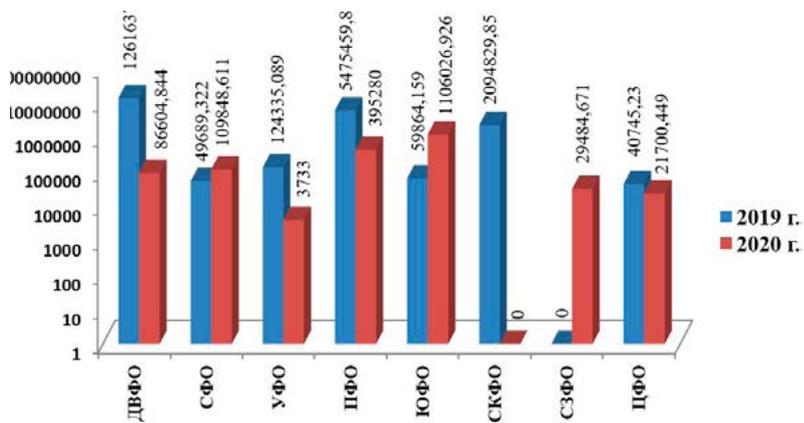


Рис. 12. Распределение величины материального ущерба от ЧС по федеральным округам за 9 месяцев 2019 и 2020 гг.

Мониторинг качества природных вод Красноярского края

Сакаш Геннадий Викторович

доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: приведены результаты наблюдений за валовыми сбросами загрязняющих веществ и сбросом загрязнений от предприятий теплоэнергетики в природные водоемы Красноярского края за период 1995-2014 годы. Показаны данные по количеству проб воды в природных водоемах, не отвечающих требованиям по санитарно-химическим показателям. Определены основные предприятия-загрязнители окружающей среды в городе Красноярске и сделаны выводы о принятии необходимых мер.

Ключевые слова: водоотведение, сточные воды, предприятия теплоэнергетики, тепловая электростанция, топливо, бурый уголь, Красноярский край, Красноярск, нефтесодержащие сточные воды, экологический, загрязнение, проба воды.

Особенностью водопользования в Красноярском крае является использование большого по сравнению с другими регионами объема природных вод на нужды теплоэнергетики, основной уставной деятельностью которой является генерация электроэнергии и обеспечение теплоснабжения городов. Доля годового водопотребления предприятиями этой отрасли в 2014 г. достигла 2731,8 млн. м³[1].

Учитывая имеющийся в настоящее время дефицит тепловой энергии в крае в связи со строительством жилья в крупных городах, можно прогнозировать дальнейший рост объемов стоков вредных веществ, сбрасываемых в природные водоемы [2].

Увеличение техногенной нагрузки объектов теплоэнергетики на природные водоемы происходит за счет износа оборудования тепловых электростанций (ТЭС), работающих на бурых углях Канско-Ачинского угольного бассейна. Наибольший вред приносит сброс щелочных зольных вод из переполненных повсеместно систем гидрозолаудаления ТЭС (рН 12–12,5) и нефтесодержащих стоков с территорий тепловых электростанций [2,3]. Кроме щелочной реакции зольные воды имеют в своем составе вредные микроэлементы (в основном тяжелые металлы) [4].

В каком состоянии находятся природные водоемы Красноярского края и что оказывает на них наибольшую техногенную нагрузку? Это очень актуальные вопросы для жителей региона и г. Красноярска в связи с устойчивым и резким ростом заболеваемости красноярцев онкологическими заболеваниями с 2011 г. на 26,6%. В настоящее время Красноярск является лидером в РФ по заболеваниям органов пищеварения и входит в лидирующий перечень городов по онкологии.

Для выяснения динамики сброса загрязнений и показателей качества воды в природных водоемах Красноярского края были проведены исследования по получению информации по сбросам вредных веществ в природные водоемы и

качестве в них воды за 21 год наблюдений (1995-2014 г.г.). В том числе, с учетом специфики региона по мощной теплоэнергетической отрасли. Источником информации для сбора данных являлись ежегодные Государственные доклады о состоянии окружающей среды в Красноярском крае, выходящие под эгидой Министерства природопользования и экологии Красноярского края и другие документы, включая [2-6] и прочие материалы.

Полученные результаты представлены в таблице и на графике, показанном на рисунке.

В настоящее время качество промышленных сточных вод ТЭС постоянно контролируется по показателям pH, температуре, содержанию взвешенных веществ, нефтепродуктов, хлоридов, соледержанию. Утвержден проект контроля предельно допустимых сбросов (ПДС). Но предельно допустимые концентрации других загрязнений в проект ПДС для объектов теплоэнергетики пока не включены (тяжелые металлы и т.п.). Поэтому необходимо усилить контроль за уровнем техногенного воздействия на природные водоемы Красноярского края производственных сточных вод объектов теплоэнергетики [3,4].

Анализ полученных данных позволяет сказать, что имеется устойчивая тенденция к ухудшению экологического состояния природных водоемов в Красноярском крае. И это происходит тогда, когда общий краевой валовый сброс загрязнений устойчиво снижается. Устойчивое снижение валового сброса загрязнений в природные водоемы региона, особенно интенсивное в период экономического кризиса в 1998-2006 г.г. связано с приостановкой работы многих региональных промышленных предприятий.

Одновременно с этим растет техногенная нагрузка на природные водоемы от сбросов вредных веществ от предприятий теплоэнергетики. От предприятий теплоэнергетики со сточными водами сбрасывается в природные водоемы и поступает в грунт и далее в подземные воды большое количество загрязнений, оказывающих высокую техногенную нагрузку на окружающую среду [5-7]. Экологический ущерб от этого достигает значительную величину [8,9].

Вместе с тем, отчетливо прослеживается устойчивое снижение валового сброса загрязнений в природные водоемы региона, особенно интенсивное в период экономического кризиса в 1998-2006 г.г. приостановка работы и закрытия многих региональных промышленных предприятий.

Полученные результаты позволяют определить приоритеты при осуществлении мероприятий по улучшению экологической ситуации в Красноярском крае и г. Красноярске, обеспечивающих долговременное и устойчивое развитие региона [6]. Оценивая вред окружающей среде г. Красноярска, приносимый расположенными в нем и рядом с ним предприятиями прежде всего необходимо отметить Красноярскую ГЭС, Красноярский алюминиевый завод, Красноярские ТЭЦ, котельные, работающие на буром угле. Красноярский алюминиевый завод является самым мощным источником вредного воздействия на атмосферу г. Красноярска. Предприятия такой мощности и с такими технологиями производства не могут располагаться в черте города с миллионным населением - это неминуемо приводит к экологической катастрофе.

Таблица. Динамика сброса загрязнений и показателей качества воды в природных водоемах Красноярского края (створы хозяйственно-питьевого водоснабжения) в 1995 – 2014 г.г.

Период (год)	Сброс загрязнений в природные водоемы Красноярского края, тыс. усл.т		% проб воды, не соответствующих санитарно-химическим показателям
	валовой	от предприятий теплоэнергетики	
1995	373,4	20,3	6,3
1996	417,2	19,9	5,2
1997	468,1	20,5	5,4
1998	330	20,2	5,5
1999	295,2	23,4	8,0
2000	293,9	26,8	12,0
2001	283,6	29,8	18,0
2002	304,3	33,0	18,4
2003	231,3	36,4	19,3
2004	272,3	36,3	11,4
2005	240,0	37,2	11,0
2006	215,2	37,7	12,8
2007	241,3	37,9	17,1
2008	282,0	37,7	21,3
2009	227,4	38,0	18,2
2010	210,9	38,3	25,6
2011	297,8	38,5	32,1
2012	209,5	39,5	30,8
2013	208,9	40,1	31,9
2014	207,3	41,3	32,3

Красноярская ГЭС оказывает значительную техногенную нагрузку на реку Енисей, являющегося источником хозяйственно-питьевого водоснабжения Красноярска и находящихся в нем предприятий. Качество воды в реке Енисей постоянно деградирует. Не качественная вода является причиной 80% заболеваний человека. Учитывая качество атмосферного воздуха Красноярска шансов оставаться здоровым у горожан практически нет.

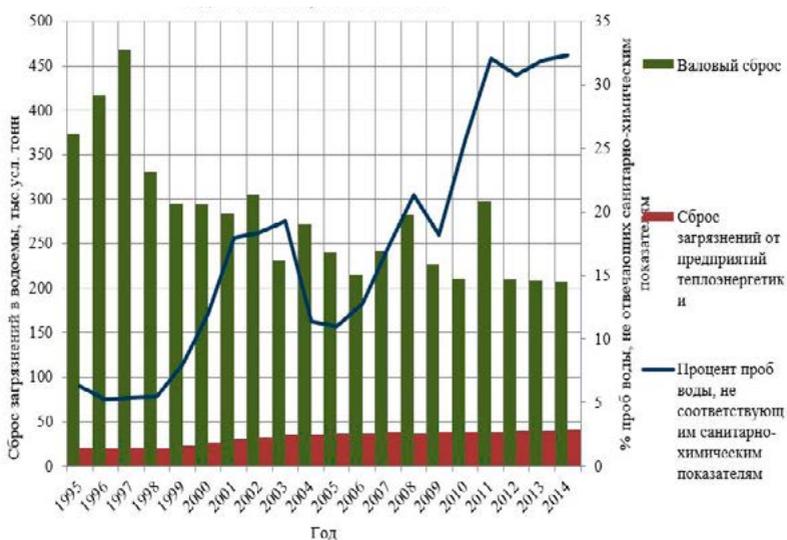


Рис. Данные по сбросу загрязнений и качеству воды в природных водоемах Красноярского края

Актуально стоит вопрос и об острой необходимости замены низкокалорийного и экологически вредного топлива, на котором работают все ТЭС региона (бурового угля на газ). ТЭС, работающие на буром угле, имеют в своем составе мазутные хозяйства, служащие для розжига котлов. Кроме этого, для работы в самые холодные зимние дни для обеспечения пиковых нагрузок включают в работу котлы, работающие на мазуте. Для обеспечения подачи угля на сжигание в котлы ТЭС существует сложный комплекс вспомогательных машин и механизмов, включающий парк мощных бульдозеров на складе топлива, мельниц для размла угля, конвейерных галерей топливоподачи, систем аспирации и гидроборки трактов топливоподачи (сухая угольная пыль взрывоопасна). Для розжига котлов мазутом также необходим вспомогательный комплекс оборудования: подъездные железнодорожные пути, станция разгрузки мазута, емкости для хранения, средства транспорта – мазутонасосные станции для перекачки мазута в котлы. Эти вспомогательные комплексы значительно удорожают генерацию электроэнергии и системы теплоснабжения городов. Производственные сточные воды ТЭС неминуемо попадают в природные водоемы. Реки Красноярского края относятся в основном к рыбохозяйственным водоемам I категории (нерест ценных пород рыб), к качеству воды которых предъявляются самые высокие требования. К негативным последствиям работы ТЭС, работающих на буром угле, относятся не только вредные сбросы в природные водоемы большого количества щелочных стоков из переполняющихся систем гидрозолаудаления и нефтесодержащих стоков ТЭС, но и газовые выбросы, загрязняющие атмосферный воздух и являющиеся причиной участвовавшего в последние годы объявления в

г. Красноярске режима «черного неба», длящегося нередко месяцами. Количество углерода, поступающего в атмосферу от ТЭС с углекислым газом после сжигания бурого угля превышает все допустимые пределы. Только одна из Красноярских ТЭЦ (их в городе три, не считая крупных котельных) в самые холодные зимние дни сжигает эшелон бурого угля из 60 железнодорожных вагонов грузоподъемностью около 60 тонн каждый (по 3500 т угля в сутки).

За 74-х летнюю эксплуатацию Красноярских ТЭС (первая из них -Красноярская ТЭЦ-1 введена в строй в 1943 г.) накоплено громадное количество отходов сжигания бурого угля –золошлаков с выведением из оборота значительных площадей земли. Эти земли отравлены щелочью и тяжелыми металлами. Накопленные в золоотвалах отходы не утилизируются и не обезвреживаются, а загрязняют подземные воды и грунт. За этот же период в природный водоем (река Енисей) сброшено щелочной воды в 10-20 раз больше, чем накопленная масса золошлаков, так как применяемое на ТЭС золоудаление после сжигания угля в котлах предусматривает использование воды в количестве в 10-20 т воды на удаление (транспорт в золоотвал) 1 т золошлаков.

Все эти негативные воздействия ТЭС на окружающую среду и другие дополнительные эксплуатационные издержки для генерации электроэнергии и теплоснабжения городов региона, обеспечиваемых предприятиями теплоэнергетики, являются следствием использования в качестве топлива бурового угля и моментально исключаются при замене его на газ.

Степень загрязнения окружающей среды в Красноярске достигла такого уровня, что наметился устойчивый тренд на снижение капитализации жилого фонда красноярцев (снижения стоимости квартир) и начался интенсивный отток населения за пределы города и региона. Уезжают не все, а только самые активные и экономически обеспеченные, но желающих гораздо больше, чем покинувших родные места. У основной части населения нет финансовых возможностей, да и никто и нигде их не ждет.

Перечисленные экологические проблемы необходимо решать (само не рассосется). Пока практических шагов в этом направлении не предпринимается, а разговорами «за экологию», разработкой региональных законов, содержащий декларации по поводу необходимости иметь здоровую окружающую среду, созданием экологических штабов, проведением международных форумов, объявлением 2017года -годом экологии в РФ, выдвиганием фантастических версий по поводу причин «черного неба» (ненаучная фантастика)проблемы миллионного города не решить. Красноярск уже находится в зоне экологического бедствия. Нужна воля и средства для реального решения этих проблем.

Что касается выделения средств, их потребуется немало и их должны заплатить собственники предприятий-загрязнителей и не в таких смешных размерах, в который в настоящее время платит за загрязнение окружающей среды собственники Красноярской ГЭС, Красноярского алюминиевого завода и Красноярских ТЭЦ. Умереть жителям города или не доживать положенного Богом срока, конечно, дешевле, чем возвращаться к здоровому смыслу и жить в достойной человека окружающей среде.

Список использованных источников

1. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году. Красноярск, Министерство природопользования и экологии Красноярского края, 2015, 294 с.
2. Сакаш Г. В. Очистка промышленных сточных и природных вод на ТЭС Сибири: Монография. Новосибирский гос. Ун–т, Новосибирск, 2005.– 118 с.
3. Сакаш Г.В. Уровень техногенной нагрузки ТЭС на природные водоемы Красноярского края // Промышленная энергетика , 2007, №5, с. 49-53.
4. Сакаш Г.В., Сакаш Т.А. Микрокомпонентный состав промышленных стоков ТЭС и наносимый ими ущерб природным водоемам Сибири // Промышленная энергетика, 2005, №8, с. 45-49.
5. Сакаш Г.В. Виды и расходы сточных вод ТЭС, работающих на бурых углях // Электрические станции, 2007, №7, с. 45-49.
6. Сакаш Г.В., Сакаш Т.А. Качество вод природных водоемов Красноярского края и основные источники их загрязнения // Водоочистка, 2010, №7, с. 58-63.
7. Сакаш Г.В. Экологические и технологические проблемы водного хозяйства предприятий теплоэнергетики и пути их решения (на примере Красноярского края): Дисс. доктора техн. наук: 03.00.16 / АлтГТУ, г. Барнаул, 2010. 310 с. Библиогр.: с.241-261.
8. Сакаш Г.В., Сакаш Т.А. Экологический ущерб от сброса сточных вод ТЭС в водоемы Красноярского края // Промышленная энергетика, 2004, №10, с. 54-55.
9. Сакаш Г.В. Водное хозяйство угольных тепловых электрических станций: монография, LAMBERT Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, ISBN 978-3-8433-2437-3, 2011, 302 с.

Мониторинг опасных природных процессов

*Сиабандов Эдуард Тимурович
Сорокин Алексей Александрович*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В данной статье рассмотрено значение мониторинга опасных природных процессов. Определена сущность данного процесса, цель и основные задачи. Рассмотрены виды мероприятий по проведению мониторинга опасных природных процессов. А также проанализирована система государственных мероприятий, направленных на сохранение природных условий.

Ключевые слова: опасные природные процессы, мониторинг природных процессов, мониторинг окружающей среды, природные аварии и катастрофы, мероприятия по мониторингу окружающей среды.

Ежедневно в мире происходят сотни катастроф природного и техногенного характера. Природные опасности являются результатом природных процессов, происходящих в природе. Эти явления могут нанести вред человечеству, социально-экономическим и экологическим объектам по интенсивности, степени распространения и продолжительности. В природе эти явления активно развиваются, имея различный характер. На их активное развитие влияют не только геологические, климатические, гидрологические ситуации, связанные с физико-географическим положением рассматриваемой территории, но и техногенные факторы. Весомость и интенсивность природных опасностей не только увеличивают социальный, экологический и экономический ущерб, но и приводят к разрушению динамического равновесия окружающей среды (растений, почвы, рельефа, грунтовых и подземных вод и др.) [5, с.9].

Мониторинг опасных природных процессов и явлений подразумевает регулярно наблюдение за определенными явлениями, объектами и процессами для предотвращения возможных опасностей для окружающей среды.

Актуальность темы обусловлена тем, важной задачей мирового сообщества в обеспечение безопасности окружающей среды является их предупреждение и принятие соответствующих мер по недопущению в будущем. Главным инструментом для достижения данной задачи является мониторинг опасных природных процессов.

Мониторинг природных процессов представляет собой систему мероприятий по наблюдению, отслеживанию и предупреждению негативных ситуаций, связанных с изменениями окружающей среды.

Основными задачами данного мониторинга являются [6, с.7]:

- наблюдение за источниками и факторами антропогенного воздействия;
- наблюдение за состоянием окружающей среды и происходящими в ней процессами;

- оценка фактического состояния природной среды и происходящих в ней процессов;
- прогноз опасных изменений природной среды под влиянием различных факторов;
- оценка состояния природной среды и происходящих в ней процессов.

Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2003 года № 177 утверждено «Положение об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды» в соответствии с которым информация, полученная при осуществлении экологического мониторинга, используется при прогнозировании ЧС и проведении мероприятий по их предупреждению.

В настоящее время существует довольно большое количество различных видов мониторинга, которые различаются по источникам и факторам антропогенных воздействий, откликам компонентов биосферы, методам наблюдений и т.д.

Научно-методологической основой проведения наземного мониторинга может стать «Волновая теория катастроф», основанная на геофизики и астрофизики.

На активизацию аварий и катастроф влияет скорость медленных сейсмических волн, связанная с динамическими процессами, происходящими в локальной природной среде или активными физическими процессами самого объекта. При авариях в шахтах особенно выражены пики скоростей 50, 125, 175, 225, 375, 450 и 825 км/ч (рис.). Это очень близко к скоростям, при которых возникают землетрясения и, вероятно, в большой мере связано с тектоническими и микросейсмическими процессами [3, с.2]

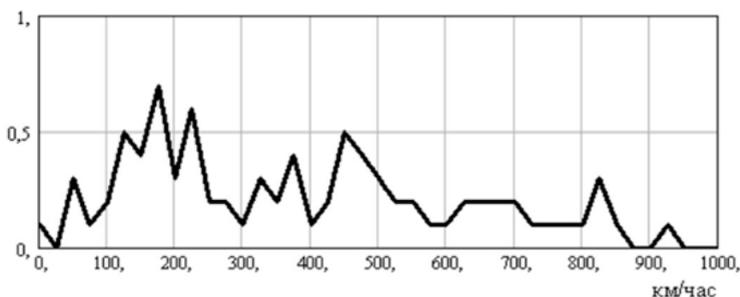


Рис. Скорости сейсмических волн, при которых произошли катастрофы в шахтах и рассчитанные по удаленности от эпицентра землетрясения в течение суток

Основным механизмом инициирования землетрясений и катастроф являются медленные сейсмические волны (SSволны). Ряд исследователей называют их гравитационными или поверхностными гравитационными волнами. Это связано с тем, что при взаимодействии с окружающей средой они обладают свойствами изменять локальные гравиметрические характеристики, повышать поверхностный и атмосферный электрический потенциал. В данном случае более приемлемым названием, по причине их происхождения и генерации, будет – «медленные сейсмические волны» SS-волны.

Знание свойств и закономерностей этих волн позволяет решить проблему прогноза землетрясений, повысить точность метеорологического прогноза, предупредить техногенные катастрофы, анализировать и предупреждать критические изменения в состоянии больных.

В таблице представлены основные виды мониторинга, которые необходимы для прогнозирования места и времени возникновения опасных процессов [4, с.12].

Важным условием прогнозирования возникновения опасных процессов и катастроф является сочетание наземного и космического мониторинга.

В нашей стране установлена система государственных мероприятий, закрепленных в праве и направленных на сохранение, восстановление и улучшение благоприятных условий, необходимых для жизни людей и развития материального производства.

Сфера охраны природы регулируется на законодательном уровне. Одним из основных документов в данной сфере является Закон РФ «Об охране окружающей среды», а также другие законодательные акты комплексного правового регулирования [1].

Немаловажную роль играют нормативные правила – санитарные, строительные, технико-экономические, технологические и т.д. К ним относятся нормативы качества окружающей среды: нормы допустимой радиации, уровня шума, вибрации и т.д. Нормативы качества – предельно допустимые нормы воздействия на окружающую природную среду антропогенной деятельности.

На территории РФ функционирует ряд систем мониторинга загрязнения природной среды и состояния природных ресурсов. В государственной системе управления природоохранной деятельностью в России важную роль играет формирование единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) [2, с.23].

ЕГСЭМ включает в себя:

- мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- мониторинг загрязнения абиотического компонента окружающей среды;
- мониторинг биотического компонента окружающей среды;
- социально-гигиенический мониторинг;
- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем.

Таким образом, мониторинг опасных природных процессов является важнейшей задачей, необходимой для обеспечения безопасности окружающей среды. В рамках исследования эксперты применяют различные специализированные технологии для изучения особенностей состояния природных процессов. Только на основе данных мониторинга специалисты могут прогнозировать возможные изменения и предпринять меры для их предотвращения.

Таблица. Перечень видов мониторинга изменения космических и геофизических условий для контроля физических параметров опасных природных процессов

Фактор	Контролируемый параметр или процесс	Наличие приборов и методов мониторинга
Солнечная активность	Время и интенсивность вспышки на Солнце, количество чисел Вольфа	Есть
	Интенсивность рентгеновского излучения	Есть
	Ионосферная активность	Есть
	Спирально-вихревые излучения	Исследуются
Межпланетное магнитное поле	Смена знака секторов ММП	Есть
Положение, неравномерность смещения земной оси и изменение суточного вращения Земли	Координаты положения оси относительно географического полюса и положения звездного неба	Есть
	Эпицентр	Есть
	Глубина очага землетрясения	Есть
	Магнитуда	Есть
	Скорости Р- и S-сейсмических волн	Есть
	Микросейсмы	Есть
	Акустические шумы	Есть
	Электромагнитные шумы	Есть
Локальные геофизические характеристики	Электрофизические измерения	Есть
	Хрональные измерения	Исследуется
	Температура грунта на глубине	Исследуется
	Направление подхода и скорость медленных сейсмических волн	Исследуется
	Газовыделение инертных газов	Исследуется

Список использованных источников

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция)
2. Байда С.Е. Природные, техногенные и биолого-социальные катастрофы: закономерности возникновения, мониторинг и прогнозирование; МЧС России. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2013. – 194 с.
3. Байда С.Е. Требования к разработке систем мониторинга опасных природных процессов. Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (ГЕОРИСК- 2015). Материалы 9-й Международной научно-практической конференции. Научный Совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. 2015. С. 445-451.
4. Валуцкий В.Е., Поляков Р.Ю. Мониторинг и анализ рисков последствий опасных природных процессов/ Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. Т. 1. № 1 (5). С. 120-121.
5. Гулева Т.В., Кузнецов А.О. Аэрокосмический мониторинг опасных природных процессов/ Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций. Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 128-130.
6. Стороженко Л.А., Болтыров В.Б., Бобина Т.С. Мониторинг и прогнозирование опасных природных процессов/ Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов. Труды VI Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор А.И. Семячков. 2018. С. 28-35.

Мониторинг сейсмических рисков и прогнозирование пожарной обстановки при землетрясениях на территории Республики Алтай

Алехин Ростислав Анатольевич¹

¹Главное управление МЧС России по Республике Алтай

Аннотация: Проанализирована методика мониторинга сейсмического риска и прогнозирование пожарной обстановки при землетрясениях.

Ключевые слова: мониторинг, прогнозирование, сейсмический риск, землетрясение, ликвидация ЧС.

За 11 месяцев 2019 года на территории Российской Федерации зарегистрировано 436 землетрясений с магнитудой 3.5 и выше. Высокая сейсмическая активность в КурилоКамчатской и Сахалинской сейсмических зонах сохраняется в течение последних 14 лет [1].

В Республике Алтай за 2019 год зарегистрировано 49 сейсмических событий. Максимальная интенсивность сейсмических событий зарегистрирована в 5,3 балла по шкале магнитуд, погибших пострадавших нет, разрушения не зарегистрированы.

Однако, по экспертным оценкам территория Горного Алтая имеет достаточно высокий индекс сейсмического риска, и является одним из наиболее сейсмически опасных регионов России. Причинами возникновения землетрясений являются не только тектонические процессы, но результат техногенной деятельности промышленности на территории региона.

В связи с этим, проведение исследования сейсмической обстановки Республики Алтай останется актуальным.

Основы решения задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций отражены в распоряжении Президента № 86-рп от 2000 г. «О создании системы мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [6].

Сейсмическая уязвимость элементов территории, определяется, исходя из экономических, экологических и социальных потерь, вызываемых землетрясением [2,4].

Мониторинг сейсмологической информации на соответствующей территории является одной из задач комплексного подхода снижения негативных последствий землетрясений и позволяет обеспечить ее полноту и достоверность, что в свою очередь определяет уровень достоверности оценки опасности возникновения землетрясения.

Для решения задачи мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в Республике Алтай используется различное техническое, программное и инфор-

мационное обеспечение. Основу технического обеспечения задачи мониторинга составляет оборудование различных станций, система наблюдения, компьютерное и сетевое оборудование, линии связи и т.д.

Так, с целью решения задачи проведения мониторинга сейсмической обстановки и прогнозирования землетрясений на территории Республики Алтай после землетрясений 2006 года, в районе эпицентра Урэг-Нурского землетрясения, была установлена локальная сеть временных сейсмологических станций, для получения информации об особенностях фоновой сейсмичности в этом районе региона.

На сегодняшний день существует несколько подходов к осуществлению сейсмического мониторинга территорий. [5].

Исследованиям методик прогнозирования чрезвычайных ситуаций и оценки обстановки при их возникновении в научной и практической деятельности уделяется достаточное внимание [4].

Предложенные методики прогнозирования и оценки обстановки при возникновении землетрясений основаны на математических моделях.

Следует отметить, что процессы воздействия и сопротивления носят случайный характер, так как сложно заранее достоверно определить значения поражающих факторов, а именно интенсивность колебания земной коры на определённом участке территории, а также величину давления ударной волны на объект воздействия.

Величина вероятности поражения (эффект поражения) $P_{пор}$ измеряется в долях единицы или процентах и определяется, как правило, по функции Гаусса (функции ошибок) через «пробит-функцию» Pr :

$$P_{пор} = f[Pr(D)]$$

$$Pr = a + \ln D$$

где f – функция Гаусса; a, b – константы, зависящие от вида и параметров негативного воздействия; D – доза негативного воздействия.

Таким образом, учитывая, что в качестве негативных последствий возникновения чрезвычайных ситуаций следует рассматривать поражение людей (погибших и пострадавших), количество разрушенных зданий (обломки, завалы), рассматриваемые методики включают в себя модели расчёта воздействия поражающих факторов, модели прогнозирования разрушений зданий и сооружений, а также модели прогнозирования поражения людей.

Процесс прогнозирования последствий землетрясений может быть представлен в виде блок-схемы (рис. 1).

В представленной блок-схеме (рис. 1) одним из этапов формирования моделей завалов при землетрясениях является оценка пожарной обстановки: определение количества очагов и площади пожаров.

Исследуя риски возникновения пожаров при землетрясениях следует отметить, что в первый час после землетрясения возникает около 20% всех пожаров, в последующие 6 часов – 50%. Через сутки количество возникающих очагов пожара составляет более 90% [6]



Рис. 1. Блок-схема прогнозирования последствий землетрясений

На рисунке 2 показана зависимость количества пожаров (%) от начала времени землетрясения (на примере данных о пожарах в Северной Америке).

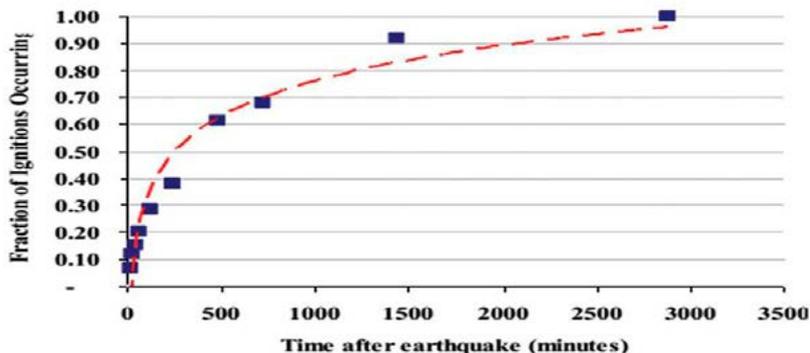


Рис. 2. Зависимость количества пожаров (%) от начала времени землетрясения

Источниками зажигания (рисунок 3) в зонах разрушений при землетрясениях являются изотермические реакции (1), работа приборов и оборудования с открытым огнём (2); повреждение электропроводки и электроприборов (3); возникновение механических искр при обрушении или соударении (4) и другие причины (5).

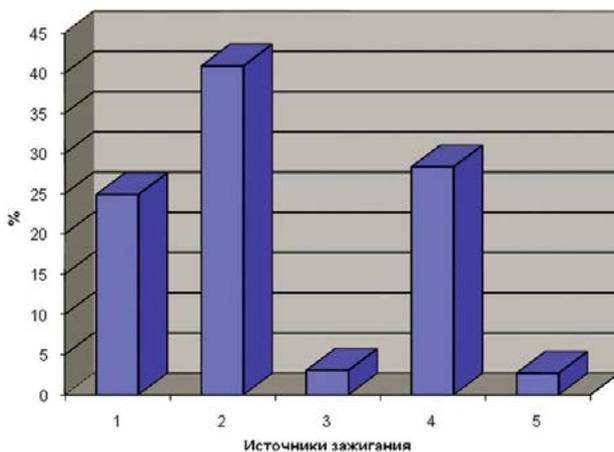


Рис. 3. Источники зажигания в зонах разрушения при землетрясениях

Появление очагов горения при разрушениях следует ожидать в местах концентрации (наличия) пожароопасных элементов как на различных предприятиях, так и в жилом секторе.

Проведённые экспериментальные исследования и анализ реальных пожаров [5,6] показал, что для пожаров в завалах характерны следующие особенности:

- горение во внутренних полостях, расположенных под обломками строительных конструкций;
- продолжительность пожаров может быть от нескольких часов до нескольких суток, причём в зависимости от характера и размеров завалов наблюдается относительно непродолжительные периоды открытого пламенного горения (1,5-2 ч), которые чередуются длительными до 10 суток периодами тления;
- среднееобъемная температура в толще завала составляет от 300 до 400°C;
- высота факела пламени над поверхностью завала в период активного горения равна 3-5 м, а наибольшее количество продуктов горения выделяется при тлении (высота подъема продуктов горения над завалом достигает 10-12 м).

Это подтверждается проведенными расчетами при исследования зависимости количества очагов пожаров от интенсивности землетрясения [7, 8, 9, 10, 11].

На рисунке 4 графически представлена зависимость количества очагов пожаров от интенсивности землетрясения в соответствии с проведенными исследованиями [7, 8, 9, 10, 11].

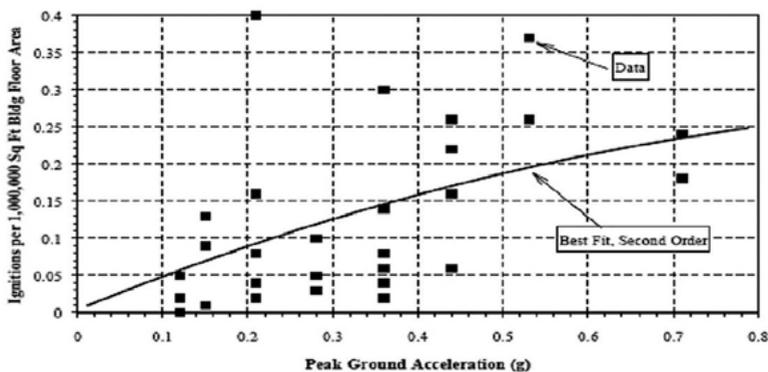


Рис. 4. Зависимость количества очагов пожаров (один очаг на 1 млн кв. футов площади строений) от интенсивности землетрясения PGA (в долях ускорения свободного падения, g)

На рисунке 5 представлены сравнительные характеристики зависимостей расчета количества очагов пожара при землетрясениях от максимального горизонтального ускорения PGA по уравнениям (1)–(5).

Проведённые экспериментальные и теоретические исследования показывают, что количество, площадь и характер развития пожаров в зонах разрушений, возникших в результате землетрясений, аварий и взрывов, зависят от интенсивности того или иного явления [4].

Вместе с тем, характер и степень разрушений зависит от этажности и огнестойкости зданий, от сейсмостойкости объектов.

Кроме того, на пожарную обстановку влияют время года и метеоусловия. Для производственных объектов важным является вид, количество пожарной нагрузки и особенности технологических процессов [5]

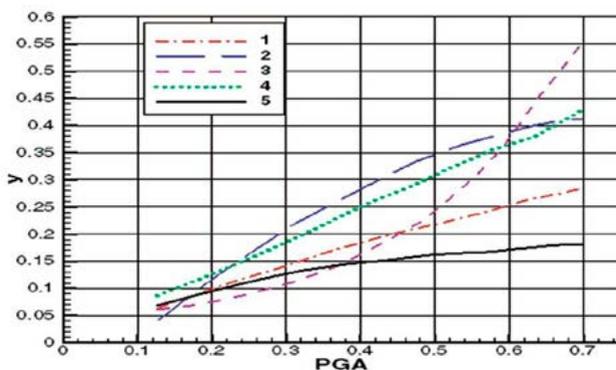


Рис. 5. Зависимости количества очагов пожара на 100 тыс. м² при землетрясениях от максимального горизонтального ускорения PGA: 1 – уравнение (1); 2 – уравнение (3); 3 – уравнение (4); 4 – уравнение (2); 5 – уравнение (5)

Существующее решение задач мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, несмотря на недостатки, довольно эффективно. Одним из основных требований к разрабатываемой автоматизированной системе мониторинга и прогнозирования ЧС являются минимальные изменения в существующей системе и отсутствие необходимости приостановки ее функционирования.

Необходимость обеспечения комплексной сейсмической безопасности, направлена на сохранность систем жизнеобеспечения, жизни и здоровья людей, предотвращения прямого и косвенного ущерба экономике региона, а также экологии окружающей среды.

Список использованных источников

1. Абакаров Абакар Джансулаевич, Курбанов Иса Багаутинович К оценке сейсмического риска территорий // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2014. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-otsenke-seysmicheskogo-riska-territoriy>.
2. Акопян С.Ц., Бондур В.Г., Рогожин Е.А. Технология мониторинга и прогнозирования сильных землетрясений на территории России с использованием метода сейсмической энтропии- Физика Земли. 2017. № 1. С. 34-53.]
3. Клячко М.А. Состояние и проблемы методологии и техники анализа и контроля сейсмического риска на урбанизированных территориях // Сейсмостойкое строительство. - №2, 1999. - с. 15-18. 6. Шахрамьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений
4. Кейлис-Борок, В.И. Аномальное группирование землетрясений перед сильным землетрясением [Текст] / В.И. Кейлис-Борок, Е.Н .

5. Копылов Н.П., Хасанов И.Р. Прогнозирование пожарной обстановки на территории, подвергшейся разрушениям // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Минск: БГУ, 2001. С. 101–102
6. Копылов Н. П., Рыжов А. М., Хасанов И. Р. Крупные пожары и их моделирование // Моделирование пожаров и взрывов. М.: Пожнаука, 2000. С. 170–187.
7. Полтавцев С.И., Айзенберг Я.М., Кофф Г.Л., Мелентьев А.М., Уломов В.И. Сейсмическое районирование и сейсмостойкое строительство / Под ред. академика РААСН Е.В. Басина. - М.: ГУП ЦПП, 1998. - 259с. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. №1 (32), 2014 77 5.
8. Хасанов И. Р. Особенности пожарной обстановки в зонах разрушений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 6. С. 43–46.
9. Scawthorn C. Fire Following Earthquake – Analysis and Mitigation in North America // Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan. p. 913-924.].
10. Enhancements in HAZUS-MH Fire Following Earthquake, Task 3: Updated Ignition Equation. Berkeley CA. SPA Risk LLC, 2009. 74 p.
11. Zhao, S., Xiong, L., Ren A. A spatial-temporal stochastic simulation of fire outbreaks following earthquake based on GIS // Journal of Fire Sciences, 2006. № 24. P. 313–339
12. Ren A. and Xie X. The simulation of post-earthquake fire-prone area based on GIS // Journal of Fire Sciences, 2004. № 22. P.421–439.
13. Scawthorn C., Eidinger J. M., Schiff A. J. Fire Following Earthquake. Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering Monograph № . 26, American Society of Civil Engineers, Reston, 2005. 345 p
14. Kanamori T., Shimodaira S., Koike T. An evacuation plan from a fire following earthquake – Application of Statistical and Probability in Civil Engineering. Tokyo, Japan. 2007. 38 p.
15. Научно-исследовательский отчет геологической службы United States Geological Survey URL:https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/20-largest-earthquakes-world?qt-science_center_objects.
16. Распоряжение Президента РФ от 23.03.2000 N 86-рп «О создании системы мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

К вопросу об определении некоторых параметров снежных лавин

Калач Андрей Владимирович¹

доктор химических наук, профессор

Калюжина Жанна Сергеевна²

¹ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В данной статье рассматривается состояние исследований параметров снежных лавин на современном этапе. Изучены значения некоторых параметров. Описанию территорий Российской Федерации, склонных к лавинообразованию и подверженных лавинной опасности, в статье уделяется особое внимание. Уделено внимание тому, что при существующих подходах к физике движения снежных лавин велик процент ошибок и неточности. В связи с этим отмечена необходимость в разработке и введении моделей, которые наиболее точно учитывают физику схода лавины.

Ключевые слова: снежные лавины, характеристики, моделирование динамики, чрезвычайная ситуация

В России работы по изучению снежных лавин ведутся с 30-х годов прошлого века. В исследованиях Ревякина В.С. выполнено первое детальное инженерно-гляциологическое районирование Алтая, Тушинский Г.К. составил карты лавиноопасных районов, Благовещенский В.П. исследовал особенности лавинообразования в Хибинах и на Западном Кавказе. Большой эмпирический материал собран в работах Дюнина А.К., Войтковского К.Ф., Божинского А.Н., Лосева К.С., Болова В.Р. Исследование механики движения снега и моделирование лавин предпринято в работах Саатчяна Г.Г., Григоряна С.С., Ядрошникова В.И., Казакова Н.А. и др. [1]. Зарубежный опыт изучения лавин представлен в основном в работах американских, швейцарских, французских и японских специалистов: Е. Адамса, Р. Хефели, М. де Карвена, В. Аммана, Р. Бологнези, К. Жаккара [1], А. Сато, П. Бартельта [2-7].

Проблема изучения снежных лавин давно стоит перед исследователями всего мира. И с течением времени этот вопрос становится все острее. Ведь освоение гор в последние годы ведется активным образом, и в связи с этим повышается опасность схода лавин в данных районах. Снежные лавины относятся к сложным динамическим системам, поэтому они требуют постоянного уточнения территории их влияния и развития.

На пути движения лавины встречаются препятствия, которые по-разному реагируют на действие лавины – они могут смещаться, а могут и вовсе разрушаться. Проводить исследования по взаимодействию препятствий и лавин при учете всех

типов, форм и физических характеристик в практическом плане очень тяжело. Ход исследования затрудняет непредсказуемость стихии. Ведь сход лавины происходит мгновенно, и воздействие снежных масс на препятствие не всегда может зафиксироваться и выразиться количественными характеристиками. Поэтому использование в изучении взаимодействия лавины с препятствиями имитационного компьютерного моделирования является весьма актуальным направлением, требующего дальнейшей разработки и развития.

В нашей стране снежные лавины широко распространены и относятся к числу наиболее опасных природных явлений. Ежегодно из-за разрушительной силы стихии погибают десятки тысяч человек, более шести миллионов проживают в лавиноопасных районах или районах, рельеф которых благоприятствует лавинообразованию. Также лавины могут возникнуть не только по естественным причинам, но и из-за деятельности человека, что несет еще большую опасность и накладывает ответственность за последствия всех действий различных предприятий [8].

Тема снежных лавин имеет большое значение в современном мире. Ведь от результатов изучения данного природного явления, способов его прогнозирования и разработки новых технологий, по которым будут возводиться здания и сооружения в лавиноопасных районах, зависит безопасное будущее населения многих регионов нашей страны. Также от данного вопроса сильно зависит туризм, ведь на территории Российской Федерации распространены и полностью функционируют горнолыжные комплексы, которые за один туристический сезон принимают более 50000 человек. Данные комплексы работают в Карачаево-Черкесской Республике (район Домбая), в Республике Северная Осетия – Алания (Цей), в Кабардино-Балкарской Республике (Приэльбрусье) и в Краснодарском крае (Красная Поляна) [9]. Лавиноопасные районы также расположены в республиках Дагестан и Адыгея. Всего на территории Южного федерального округа и Северо-Кавказского федерального округа – 19 лавиноопасных районов – 200 лавиноопасных участков (449 очагов), в 6 регионах.

На Южный федеральный округ приходится 2 лавиноопасных района, 5 лавиноопасных участков (6 очагов) в 2 субъектах. В Республике Адыгее, горной части Майкопского района, 1 лавиноопасный участок. В Краснодарском крае, Адлерском районе (район Красной Поляны) – 13 лавиноопасных участков. Это п. Эсто-Садок (3 очага), автодорога Адлер - Красная Поляна (3 очага), автодорога Адлер - Красная Поляна (3 очага) – 4 лавиноопасных участка [10-12].

На территории Северо-Кавказского федерального округа 17 лавиноопасных районов, 195 лавиноопасных участков (443 очага) в 4 субъектах. В Республике Дагестан в 9 горных районах – Цунтинском, Цумадинском, Тляртинском, Рутульском, Божтинском, Ахтынском, Докузпаринском, Гумбетовском, Чародинском – всего 55 лавиноопасных участков. В Кабардино-Балкарской Республике в Эльбруском, Черекском, Чегемском и Зольском районах – 132 лавиноопасных участка, 21 км от Азау до Баксанской нейтринной обсерватории. Наиболее лавиноопасный район Кабардино-Балкарской Республики – Приэльбрусье имеет 62 лавиноопасных очага. При этом 12 лавиноопасных очагов находятся вне зоны обстрела ввиду сложного рельефа местности. В Карачаево-Черкесской Республике в Карачаевском

и Зеленчукском районах 5 лавиноопасных участков (21 очаг). В Республике Северная Осетия в Алании в Алагирском (Транском и Цейский комплекс турбаз) и Ирафском районах – 3 лавиноопасных участка (234 очага).

Рассмотрим основные параметры снежных лавин [1]. Разрушительная мощь лавины возникает из-за огромной скорости, которой обладает снежная масса. Большая скорость движения нарастает на протяжении всего пути стихии – от места начала движения (отрыва снежного пласта) до остановки движущей массы снега. Скорость движения снежной лавины в среднем составляет от 10-20 м/с до 80-100 м/с. Данный факт подтверждает неожиданность и катастрофичность этой стихии для жизни и деятельности человека [13-16]. В таблице приведены значения для некоторых динамических характеристик снежных лавин (скорость движения, плотность и давление снежной массы на перпендикулярное их пути препятствие).

К достоинству используемых классов моделей можно отнести то, что есть возможность учитывать физику движения. С таким подходом характер движения снежной лавины может составить более полно и точно. Но все это предполагается в теории. В реальности же в большинстве случаев снежная масса сохраняет свою единую структуру и связность только на начальных этапах своего движения (менее 1 с). После этого происходит фрагментация снежной массы и беспорядочное выдвигание отдельных фрагментов. В этом состоит несомненный недостаток того, что в подходах, использующихся в данных классах моделей, снежная масса представляется как единое твердое тело.

Таблица. Характерные и максимальные (в скобках) значения некоторых параметров снежных лавин

Тип лавин	Скорость, м/с	Плотность, г/см ³	Давление, тс/м ²
Лавины из сухого снега, пылевые со взвешенным характером движения	30 – 70 (125)	0,02 – 0,15	25
Лавины из сухого снега, с текучим нижним и взвешенным верхним слоями (данные для нижнего слоя)	20 – 40 (60)	0,05 – 0,3	18 (110)
Лавины из мокрого снега, текучие	10 – 20 (30 – 40)	0,3 – 0,4	8

Данная проблема представляет большую серьезность для имитационного моделирования и требует решения. Ведь в результате движения отдельных фрагментов кардинально меняется физика движения снежной лавины. Это движение становится похожим на течение жидкости. В таком случае приближение материальной точки приводит к огромным ошибкам моделирования (порядка 50 ... 500 %).

В связи с данным фактом очень актуальной является разработка новых адекватных моделей, которые учитывают влияние отдельных фрагментов на характеристики общего движения снежной массы и ее разрушающей силы.

Список использованных источников

1. Соловьев А.С. Математическое моделирование чрезвычайных ситуаций, связанных с зарождением и сходом снежных лавин : диссертация ... доктора технических наук : 05.13.18. – Санкт-Петербург, 2015. – 301 с.
2. Генсиоровский Ю.В. Генезис лавин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – М., 2008. – Вып. № 1. – С. 67–71.
3. Глазовская Т.Г. О задачах и содержании мелкомасштабных лавинных карт / Т.Г. Глазовская, С.М. Мягков // Материалы гляциологических исследований. 1978. – Вып. № 34. – С. 46–50.
4. Григорьева М. В. Инновационные стратегии обеспечения безопасности в туризме / М.В. Григорьева, О.И. Рябченко, И.Х. Эмиров // Технично-технологические проблемы сервиса. – 2011. – т.1. – Вып. № 15. – С. 101–104.
5. Григорян С.С. Методика расчета движения снежной лавины лоткового типа / С.С. Григорян, А.В. Остроумов // Институт механики МГУ. Отчет № 1375. 1972. – 20 с.
6. Залиханов М.Ч. Снежные лавины и перспективы освоения гор Северной Осетии. – Орджоникидзе.: Издательство ИР. 1974. – 295 с.
7. Казакова Е.Н. Лавинные катастрофы в Сахалинской области / Е.Н. Казакова, В.А. Лобкина // Материалы гляциологических исследований. 2007. – Вып. №103. – С. 184–188.
8. Казакова Е.Н. Снежные карнизы на морских террасах южного Сахалина // Криосфера земли. – М., 2013. – т. XVII – Вып. № 3 – С. 94–99.
9. Калач А.В. Влияние влажности на формирование снежной лавины / А.В. Калач, В.И. Савинова, А.С. Соловьев, С.Л. Карпов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». – Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2012. – С. 5 – 10.
10. Канаев Л. А. Белые молнии гор. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 149 с.
11. Канонникова Е.О. Влияние снежных лавин на геосистемы Северо-Западного Кавказа: дис. канд. геогр. наук. – Пермь, 2012. 165 с.
12. Канонникова Е.О. Интенсивность снежных лавин (на примере северо-западного Кавказа) // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 1–8.
13. Канонникова Е.О. Оценка лавинного риска для транспортных и рекреационных геосистем в бассейне р. Мзымта (Северо-Западный Кавказ) // Географический вестник. – 2012. – № 2(21). – С. 9–14.
14. Канонникова Е.О. Роль лавин в формировании ландшафтов // Географический вестник. – М., 2012. – Вып. № 1 – С. 9–15.
15. Сучков В.Е. Карта лавинной опасности освоения территории Сахалина и Курильских островов / В.Е. Сучков, А.В. Иванов, Э. Като, С. Ким // Вестник Сахалинского музея. – Сахалинское книжное издательство: 2011. – Вып. № 13. – С. 283–290.
16. Труш А.А. Лавинная опасность для сноубордистов и горнолыжников (о. Сахалин) // Материалы гляциологических исследований. 2008. – Вып. № 105. – С. 128–130.

Мониторинг лесов поврежденных полиграфом уссурийским в границах ЗАТО Железнодорожск

Андреев Александр Сергеевич

Научный руководитель: **Коваль Юлия Николаевна**

кандидат биологических наук, доцент

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: Важным условием сохранения лесорастительного потенциала территории является анализ природных опасностей. Для территории Железнодорожск неблагоприятными факторами выступает санитарное состояние - энтомовредители. На основании данных аэрокосмических снимков и натурных обследований, мы определили, что наиболее поврежденные лесные участки уссурийским полиграфом относятся к кварталам №№ 18, 24, 26, 35, 36, 38, 39. Это 12% от общего количества пихтовых лесов. Полученные результаты планируется использовать при повторных обследованиях и изучении не только санитарного состояния леса, но и пирогенного воздействия связанного с сухостоем после жука-вредителя [2].

Ключевые слова: уссурийский полиграф, санитарное состояние, сухостой, мониторинг, лесные участки.

Уссурийский полиграф, или полиграф пихтовый – вид жуков-короедов, опасный вредитель пихты (рис.1).



Рис.1. Изображение уссурийского полиграфа

В настоящее время это уникальный и единственный известный в настоящее время случай крупномасштабной инвазии насекомых в Красноярском крае. Именно с ним связывают массовые усыхания древостоя и увеличение пожарной опасности в лесу. Это новый фактор, выявленный в Сибири и наносящий значительный ущерб лесопользованию. Жук проник с территории Дальнего Востока [14]. Инвайдер прекрасно адаптировался к суровым условиям и широко распространился в Красноярском крае, Томской, Кемеровской, Алтайском крае, Новосибирской областях и Республике Алтай. Согласно литературным данным усыхание деревьев связывают не только с жизнедеятельностью уссурийского полиграфа, но и совместно переносимыми им фитопатогенными аскомицетовыми грибами [10] (рис.2).



Рис.2. Усыхание пихты сибирской

Важным условием сохранения лесорастительного потенциала территории является анализ природных опасностей. Для территории Железногорск неблагоприятными факторами выступают – пожары и санитарное состояние, в том числе болезни леса и энтомовредители [2, 4].

Уссурийский полиграф обладает рядом специфических черт биологии и экологии, что требует адаптации существующих общих методов мониторинга состояния лесов в очагах стволовых вредителей. В целях слежения за многообразными трансформациями компонентов экосистем пихтовых лесов необходимо проводить мониторинг лесных участков.

К мониторингу лесных участков относят прослеживание перспектив расширения ареала полиграфа уссурийского и увеличение территории сухостоя.

Реальная оценка состояния пихтовых насаждений в связи с инвазией полиграфа уссурийского эффективна лишь при применении региональной технологии мониторинга и прогнозирования дальнейшего развития инвазийной ситуации, разработанной с учетом биоэкологических особенностей вредителя и его взаимоотношений с кормовой породой, природно-климатических и лесохозяйственных условий ЗАТО Железногорск.

В рамках мониторинга осуществляют наблюдения трех типов:

- региональные краткосрочные (оперативные) обследования для установления пространственных аспектов распространения инвазии, которое может выявляться как дистанционными, так и наземными методами. Основным характеризующим показателем при этом является повышенный уровень усыхания пихты, значительно превышающий естественный отпад древостоя [13].
- режимные наблюдения на стационарных пунктах (сети постоянных пробных площадей, заложенных в поврежденных лесах в разных ландшафтных условиях) в течение длительного времени по относительно неизменной программе для выявления динамики экосистем и хода сукцессионных процессов. В этом случае мониторинг носит характер многокомпонентного исследования: периодически проводится качественная и количественная оценка состояния древостоя, подроста, живого напочвенного покрова, мортмассы, уссурийского полиграфа и связанной с ним топическими и трофическими связями биоты. Основными характеризующими показателями являются популяционный состав видов, их структура и нарушения.
- интенсивные локальные наблюдения в областях выявленной наибольшей деградации пихтовых лесов для установления конкретных причин их ослабления, предшествующего нападению уссурийского полиграфа (стихийные природные явления, местные почвенно-климатические факторы, вспышки размножения хвоегрызущих насекомых, аэротехногенные загрязнения, нарушение правил санитарной безопасности при хозяйственной деятельности в лесах).

Наша программа исследований включала подготовительные работы, полевые исследования и камеральную обработку полевых материалов. В работе применялись современные апробированные методы лесной таксации (Анучин, 1972), лесоустройства (Верхунов, Моисеев, Мурахтанов, 2002 и др.), лесоведения (Тихонов, 2011), биогеоценологии (Основы..., 1964), оценки естественного лесовозобновления (Правила лесовосстановления..., 2007), организации и ведения лесопатологического мониторинга (Руководство по проектированию..., 2007; Руководство по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий..., 2007; Руководство по планированию..., 2007) [1, 3, 7, 12].

На основании аэрокосмических снимков, мы выбрали наиболее поврежденные (усыхающие) участки леса на территории ЗАТО Железногорск. В целях проведения мониторинга, по материалам рекогносцировочного обследования участков с 2015 по 2019 год, осуществляли подбор мест закладки пунктов постоянного наблюдения [8]. Для этого подобраны типичные участки в основных типах леса (пихтарники). Пихтовые леса расположены преимущественно в северо-восточной части территории ЗАТО Железногорск.

На основании данных аэрокосмических снимков и натурных обследований, мы определили, что наиболее поврежденные лесные участки уссурийским полиграфом относятся к кварталам №№ 18, 24, 26, 35, 36, 38, 39. Это 12% от общего количества пихтовых лесов (рис.3).



Рис.3. Массовое усыхание пихты сибирской вызванное полиграфом уссурийским

Согласно данным лесопатологического обследования за 2012 год площадь поражения составляла всего 4га. С 2012 года по 2019 мониторинг распространения жука-вредителя показал, что площадь пораженной пихты в виде сухостоя увеличилась до 12%.

В связи с явным изменением санитарного состояния лесов необходимо пересмотреть приложение к лесохозяйственному регламенту, а именно актуализировать карты лесов по классам опасности. Так как неудовлетворительное санитарное состояние лесных площадей ЗАТО Железногорск может нести повышенную пожарную нагрузку. Данное мероприятие позволит проводить необходимое противопожарное обустройство лесов и принимать оперативные меры пожарной безопасности в лесах [7].

После закладки пробных площадей производились описания по установленной форме. Состояние деревьев оценивалось по шести категориям по шкале, утвержденной приказом Рослесхоза от 29.12.2007 № 523 (Руководство по проектированию..., 2007). В работе применялась шкала категорий состояния деревьев (таблица).

В результате натурных обследований мы пришли к выводу что необходимо:

- внести изменения в описания лесных кварталов №26 №33 №34. Изменить значения класса пожарной опасности со второго на третьей. Это объясняется тем, что данные лесные участки имеют в качестве доминирующей породы пихту, что увеличивает захламленность и наличие сухостойных деревьев поврежденных полиграфом сибирским.

Вывод: В целом выполнен только начальный этап работ мониторинга лесных участков расположенных в границах ЗАТО Железногорск, которые подверглись воздействию полиграфа уссурийского.

Таблица. Шкала категорий состояния деревьев

Категории деревьев	Признаки категорий состояния хвойных пород
1 - здоровые (без признаков ослабления)	крона густая (для данной породы, возраста и условий место-произрастания); хвоя (листва) зеленая; прирост текущего года нормального размера
2 - ослабленные	крона разреженная; хвоя светло-зеленая; прирост уменьшен, но не более чем наполовину; отдельные ветви засохли
3 - сильно ослабленные	крона ажурная; хвоя светло-зеленая, матовая; прирост слабый, менее половины обычного; усыхание ветвей до 2/3 кроны; плодовые тела трутовых грибов или характерные для них дупла
4 - усыхающие	крона сильно ажурная; хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая; прирост очень слабый или отсутствует; усыхание более 2/3 ветвей
5 - свежий сухостой	хвоя серая, желтая или красно-бурая; кора частично опала
5а - свежий ветровал	хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; кора обычно живая, ствол повален или наклонен с обрывом более 1/3 корней
5б - свежий бурелом	хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; кора ниже слома обычно живая, ствол сломлен ниже 1/3 протяженности кроны
6 - старый сухостой	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; стволовые вредители вылетели; в стволе мицелий дереворазрушающих грибов, снаружи плодовые тела трутовиков
6а - старый ветровал	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; ствол повален или наклонен с обрывом более 1/3 корней; стволовые вредители вылетели
6б - старый бурелом	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; ствол сломлен ниже 1/3 протяженности кроны; стволовые вредители выше места слома вылетели; ниже места слома могут присутствовать: живая кора, водяные побеги, вторичная крона, свежие поселения стволовых вредителей
7 - аварийные деревья	деревья со структурными изъянами (наличие дупел, гнили, обрыв корней, опасный наклон), способными привести к падению всего дерева или его части и причинению ущерба населению или государственному имуществу и имуществу граждан

Полученные в процессе исследований 2019 года данные по состоянию лесных насаждений планируется использовать при повторных обследованиях и изучении не только санитарного состояния леса, но и пирогенного воздействия связанного с сухостоем после жука-вредителя [9].

В настоящее время современных методов борьбы с вредителем не предложено. И для науки важно изучение природы и экологии инвайдера. Своевременный мониторинг позволит вовремя выявить и начать борьбу [11].

Для предотвращения распространения и своевременного купирования очагов необходимо слаженная работа лесных работников. Основой защиты пихтовых древостоев от уссурийского полиграфа является максимально раннее выявление очагов усыхания и своевременное проведение санитарно-оздоровительных мероприятий для их локализации. Это позволит избежать деградации насаждений и сохранить их ресурсные и экологические свойства.

Площади участков, поврежденных лесными пожарами, должны уточняться по мере накопления сведений о состоянии лесных экосистем в процессе мониторинга и проведения лесоустройства [5, 6].

Список использованных источников

1. Анучин П.Н. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность. 1977. 512 с.
2. Валендик Э.Н. Экологические аспекты лесных пожаров в Сибири // Сибирский экологический журнал. 1996. Т. 3. № 1. С. 64-69.
3. Верхунов П.М., Моисеев Н.А., Мурахтанов Е.С. Лесоустройство: Учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. 444 с.
4. Коваль Ю.Н. Проблемы противопожарного обустройства лесных массивов / Ю.Н. Коваль, С.П. Бояринова // Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 9-й Международной научно-практической конференции (Саратов, 10-12 апреля 2019 г.). – Саратов, 2019. – С. 45-47.
5. Коваль Ю.Н. О влиянии Полиграфа Уссурийского на лесопожарную обстановку / Ю.Н. Коваль // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2020 № 6 (24). С.34-36.
6. Коваль Ю.Н. О противопожарных мероприятиях на территории Усинского авиационного отделения / Ю.Н. Коваль, Л.В. Кондратьева // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2020 № 4 (22). С.28-31.
7. Методы мониторинга вредителей и болезней леса / Под общ. ред. В. К. Тузова. – М. : ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.
8. Мозолевская, Е. Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е. Г. Мозолевская, О. А. Катаев, Э. С. Соколова. – М. : Лесн. промсть, 1984. – 152 с.
9. Основы лесной биогеоценологии / Под ред. Сукачева В.Н. и Дылиса Н.В. М.: Наука, 1964. 574 с.
10. Рекомендации по выявлению, обследованию и локализации очагов массового размножения уссурийского полиграфа в районах инвазии на территории

Российской Федерации / Ю. И. Гниненко, М. С. Ключин, Е. А. Чилахсаева, С. А. Кривец, И. А. Керчев, Э. М. Бисирова, Д. А. Демидко, Н. В. Пашенова, В. М. Петько, Ю. Н. Баранчиков. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2016. – 32 с., цветная вклейка – 4 с.

11. Руководство по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий. Утв. Приказом Рослесхоза от 29.12.2007 № 523. Приложение 2. М., 2007.
12. Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. Утв. приказом Рослесхоза от 29.12.2007 № 523 Приложение 3.М., 2007.
13. Тихонов А.С. Лесоведение: Учебное пособие для студентов вузов, 2-е изд. Калуга: ГП «Облиздат», 2011. 332 с.
14. Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений): методич. пособие / С. А. Кривец, И. А. Керчев, Э. М. Бисирова, Н. В. Пашенова, Д.А. Демидко, В. М. Петько, Ю.Н.Баранчиков. – Томск, 2015. – 48 с.

О содержании общей серы в углях различных месторождений и воздействии на окружающую среду

Дроздов Владислав Дмитриевич

Научные руководители: Коваль Юлия Николаевна

кандидат биологических наук

Кондратьева Лариса Владимировна

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье приведен анализ содержания общей серы в углях различных месторождений. Для представления реального положения о содержании общей серы был произведен анализ результатов полученных методом гравиметрии. Мы определили, что все исследуемые угли (Ирша-Бородинский, Алтайский, Иркутский, Кузнецкий) содержат от 2,7 до 3,9% общей серы и относятся к сернистой группе. Исследуемые угли, взятые с котельных, заметно уступают качественным углям мирового рынка по содержанию в них серы. Это означает, что топливо не отвечает высоким требованиям к экологической чистоте при их сжигании, и могут наносить вред окружающей среде.

Ключевые слова: общая сера, окружающая среда, поллютанты, мониторинг, энергетика.

На долю тепловых электростанций или предприятий Российской Федерации приходится примерно чуть более трех четвертых производства электроэнергии в стране. Уголь дешев и доступен, что объясняет его повсеместное использование. На сегодняшний день до 40% производимой в мире электроэнергии вырабатывается путем сжигания угля. В дальнейшем прогнозируется рост производства и широкое потребление органического топлива. Из угля получают тепловую энергию, начиная от частных печей, и заканчивая промышленными масштабами, что создает угрозу атмосферных загрязнений.

Особенно страдают города отдаленные от крупных рек, где нет возможности получать энергию от гидроэлектростанций. Закупая уголь низкого качества, который характеризуется большим содержанием серы, теплоэнергостанции выбрасывают в окружающую среду не просто большой объем тонкоизмельченной пыли, но и сернистые соединения – наиболее опасный компонент для здоровья населения. Ежегодный общий выброс диоксида серы в атмосферу нашей планеты составляет около 108 тонн/год. Согласно литературным данным, такие соединения в которые входит сера, как SO_2 и SO_3 , H_2SO_4 , H_2S раздражают большей частью дыхательные пути, вызывая бронхит, эмфизему и астму. Имеются немало случаев ухудшения здоровья и даже смерти людей в результате выбросов серного ангидрида, проживающих вблизи промышленных предприятий. По оценкам исследователей

экономические потери от загрязнения атмосферы, включающие затраты на лечение составляют 2-4% [6]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения 9 из 10 человек дышат воздухом с высокой концентрацией загрязняющих веществ. Взвешенные частицы, образованные при сжигании, способны проникнуть глубоко в легкие и сердечно-сосудистую систему, провоцируя такие заболевания как инсульт, рак легких, респираторные болезни, включая пневмонию. В исследовании Американского Противоракового Общества (ACS) была отмечена значительная взаимосвязь между содержанием SO_2 в атмосфере и смертностью, касавшихся 1982-1998 годов в 126 крупных городских районах Соединенных Штатов, где средняя зарегистрированная концентрация SO_2 составляла 18 мкг/м^3 , а наивысшая – 85 мкг/м^3 [12, 13].

Соединения серы так же отрицательно влияют на окружающую среду. При взаимодействии кислорода и света на сернистый газ происходит образование серного ангидрида. Конечный продукт, соединяясь с парами воды, может конденсироваться в виде «кислотных» дождей. Что закисляет почву, водоемы и угнетает живые организмы [11].

Однако не все марки угля содержат одинаковое количество серы в своем составе. Количество серосодержащих соединений в угле может меняться от долей до 5–8 % и зависит и от типа его, и от места добычи [5]. Содержание серы в буром угле составляет 0,53%, в каменном – 0,61-8%. Выявлено, что на европейской части страны преобладают высокосернистые угли, в Сибири и на Дальнем Востоке – высоковлажные и высокосернистые бурые угли Канско-Ачинского бассейна и каменный уголь Кузнецкого бассейна [3]. Угли классифицируются по следующим группам: малосернистые; среднесернистые (1,5-2,5%); сернистые (2,5-4%); высокосернистые (более 4%) [2, 5].

Содержание диоксида серы в атмосфере фоновых районов европейской части России в холодное время года изменяется от $0,0046 \text{ мг/м}^3$ на северо-западе до $0,007 \text{ мг/м}^3$ в юго-восточной части региона. В теплое время года концентрация диоксида серы в 2 - 8 раз ниже. Повышение уровня концентрации зимой обусловлено ухудшением метеорологических условий, рассеяния примесей, увеличением количества промышленных выбросов, замедлением химических процессов трансформации веществ при низкой температуре воздуха. По данным Росгидромета на территории России (за исключением Северо-Кавказского региона, Республики Калмыкия и Астраханской области) выпадает 4,22 млн.т серы в год.

В Архангельской области имеется ряд крупнейших предприятий, на долю которых приходится основная масса выбросов соединений серы в нашей области: это в первую очередь предприятия целлюлозно-бумажной промышленности (Архангельский, Котласский и Соломбальский ЦБК), Архангельский и Онежский гидролизные заводы, более 60-ти предприятий деревообработки, предприятия теплоэнергетики, космодром Плесецк, центры атомного судостроения ФГУП ПО Звездочка и ФГУП ПО Севмаш, кроме того, котельные ЖКХ и т.д. На 2018 г. выбросы составили 321,48 тыс.т, из которых 165,9 тыс.т сернистые соединения. Это означает, что все соединения серы в нашей области промышленного происхождения, а доля соединений серы естественного происхождения незначительна [5,7].

Интересен тот факт, что на многие ТЭЦ поступает уголь с более высокой зольностью и более низкой теплотой сгорания, чем предусмотрено нормативными документами.

Наиболее важным показателем является общая сера в углях, представляет собой суммарное содержание серы во всех сернистых соединениях в пересчете на элементарную серу, по отношению к массе исследуемого угля: Sdt – общая сера.

Цель: Исследование углей с разных месторождений на содержание общей серы.

Проблема снижения содержания диоксида серы в дымовых газах угольных ТЭЦ весьма актуальна для отечественной энергетики, особенно для регионов страны, природа которых наиболее подвержена отрицательному воздействию этого вещества.

Материалы и методы: Для представления реального положения о содержании общей серы в углях нами были проанализированы данные полученные гравиметрическим методом (ГОСТ 8606-93(ИСО 334-92)). Для этого мы произвели анализ угля с разных месторождений – Ирша-Бородинский, Алтайский, Иркутский, Кузнецкий.

Согласно методике мы отобрали по несколько проб из общей массы углей разных месторождений. Пробу дробили до получения однородного состояния. Далее брали аналитическую навеску топлива вместе со смесью Эшка, сжигали в окисляющей среде с целью удаления горючей массы и преобразования серы в сульфаты. В солянокислом растворе прямым гравиметрическим методом определяют сульфатную серу в виде сульфата бария, осаждая сульфат-ионы хлоридом бария [4].

Для каждого угля оценивалось вредное воздействие его главной примеси – общей серы. В качестве контроля брались качественные каменные угли мирового рынка.

Результаты: В результате анализа проб мы обнаружили, что все исследуемые угли с разных месторождений относятся к сернистой группе (2,7-3,9%) и заметно уступают качественным углям мирового рынка по содержанию в них серы. Это означает, что данные угли не отвечают высоким требованиям к экологической чистоте топлива при их сжигании и могут наносить вред окружающей среде.

Содержание серы наряду с коэффициентом calorificity оказывает решающее влияние на стоимость угля, и чаще всего не добросовестные поставщики изменяют заявленные характеристики в свою пользу.

Интересно отметить, что уголь Ирша-Бородинского месторождения заявлен как уникальный по рекордно низкому содержанию серы всего 0,2%. Угли некоторых месторождений Иркутского бассейна характеризуются очень высоким, более 10%, содержанием серы, что делает их мало пригодными для использования в теплоэнергетике, однако, согласно полученных данных уголь можно отнести к сернистой группе, не к высокосернистой (таблица).

Отличия выявленных показателей общей серы от заявленных характеристик в исследуемых пробах угля может объясняться фактором смешивания топлива разных партий или влияния погодных условий при хранении на открытых складах, а так же желанием сэкономить поставщиков продукции. Известны случаи, когда часто из-за истощения месторождений и изменения качества твердого топлива, а

также рыночных условий, предприятия энергетики часто работают на непроектных топливах и смесях [2].

Наиболее эффективным способом защиты атмосферы от загрязнения диоксидом серы следует рассмотреть путь использования топлива с низким содержанием серы. Однако таких видов топлива очень мало. Как аналог это сокращение использования энергии и создания электростанций, не использующих минеральное топливо, либо удаление серы из газовых выбросов методом адсорбции и фильтрации, регулирование процессов горения и другие технологические решения [1].

Таблица. Оценка вредности продуктов сгорания исследуемых углей по общей сере

Месторождение угля	Марка	Рабочая теплота сгорания, в долях условного топлива	Содержание в рабочем топливе общей серы, %	
			заявленные характеристики	выявленные показатели (Me)
Ирша-Бородинский	Б2	0,49	0,2	2,771604
Алтайский	БР	0,69	0,76	3,98622
Иркутский (Черемховский)	Д	0,52	0,3-0,4 до 7-8	2,977236
Кузнецкий (Кузбасс)	2 ДГ	0,77	0,4	2,92824
Качественные угли мирового рынка (Донецкий бассейн)	ДГ	0,85-0,9	До 1,0	

Именно низкая эффективность сжигания угля, отсутствие технологии очистки и его высокая доля непосредственного сжигания – самая главная проблема теплоэнергетики в России. Путем обогащения угля можно снизить его зольность на 50-80% и снизить содержание серы на 30-40%, а посредством дальнейшей очистки дыма можно удалить до 90% серы. Однако в России обогащается только 30% всего добываемого угля, в то время как в Германии эта цифра составляет 95%, в Великобритании – 75%, в США – 55% [9, 10]

Законодательство в области охраны окружающей среды не имеет инструментов для полного отказа сжигания углей с высоким содержанием серы. Из-за продолжающегося экстенсивного роста экономики и все более расточительного потребительского поведения большей части населения, природоохранные мероприятия не успевают за темпами разрушения окружающей среды. В связи с этим ведется активный поиск систем показателей, которая позволила бы комплексно отражать экологические утраты [8,9].

Список использованных источников

1. Абрамов А.И., Елизаров Д.П. Повышение экологической безопасности ТЭС. – М.: МЭИ, 2002. – 377 с.
2. Еремин И.В., Броновец Т.М. Марочный состав улей и их рациональное использование: Справочник- М.: Недра, 1994.254 с.
3. Кравцов Ю. Реальные перспективы альтернативной энергетики // Наука и инновации, 2008. №5. С.25-28
4. Крешков А.П. Основы аналитической химии, т.II. – М.: «Химия», 1970
5. Марченко М.Г., Филиппов В.М. Стандартизация и нормирование качества углей. М., Недра, 1977. 247 с.
6. Путилов В.Я. Экология энергетики. – М.: МЭИ, 2003. – 715 с.
7. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергия, 1976.
8. Скурлатов Ю.И. Введение в экологическую химию. – М.: «Высшая школа», 1994.- 400 с., ил.
9. Чжан Жунли Дэн. Исследование о сбалансированном устойчивом развитии угольной промышленности // Чжунго мэйтань, 2003, № 4.
10. Shirk Susan. Fragile Superpower // Oxford University press, 2007. P. 13-35, 255-271.
11. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
12. URL: <https://www.who.int/airpollution/ru/> всемирная организация здравоохранения.
13. URL: <https://www.iqair.com/ru/russia> Качество воздуха в Россия. Индекс качества воздуха (AQI) и загрязнение атмосферы PM2.5 в Россия.

СЕКЦИЯ 2. «Моделирование природных и техногенных рисков»

УДК 519.246.8, 614.8

Моделирование временных рядов методами машинного обучения в применении к прогнозированию количества пожаров

Матеров Евгений Николаевич

кандидат физико-математических наук

ФБГОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. В работе дается пример анализа моделирования временных рядов с помощью языка программирования R на основе методов машинного обучения в применении к прогнозированию количества пожаров в Красноярском крае.

Ключевые слова: временные ряды, машинное обучение, прогнозирование пожаров.

Введение

Под временным рядом понимается ряд значений, соответствующих измерениям в различные моменты (обычно через равные промежутки) времени. Обычно автоматизированный анализ временных рядов и сравнение моделей является весьма трудоемким процессом. Проведение такого рода анализа требует современных программных и информационных ресурсов. Современные методы анализа временных рядов требуют подходы, основанные на языках программирования, в частности, R, Python или Julia. Рассмотренный ниже подход использует язык программирования R и его библиотеки. При этом, для решения задач моделирования и прогнозирования, возможно использование методов машинного обучения – класса методов для создания моделей данных, благодаря которому информационные системы самостоятельно формируют правила и находят решение на основе анализа зависимостей, используя исходные наборы данных. Примером использования машинного обучения в применении к временным рядам является прогнозирование дневных температур воздуха, представленное в библиотеке Keras глубокого обучения, которая доступна для R и Python (<https://keras.io/examples/timeseries/>). Решения задач прогнозирования временных рядов были рассмотрены, например, в работах [2-5].

Методика моделирования временных рядов методами машинного обучения на языке программирования R

Одна из хороших возможностей для анализа и прогнозирования временных рядов, – использование современной библиотеки `modeltime` в языке программирования R, предназначенной для ускорения оценки, выбора и прогнозирования моделей. Данная библиотека интегрирует экосистему машинного обучения библиотек `tidymodels` в упрощенный рабочий процесс для прогнозирования временных рядов на базе библиотеки `tidyverse`.

Весь поток операций в `modeltime` можно разбить на следующие 6 шагов, позволяющих выполнить:

1. Сбор данных и разделение их на обучающую и тестовую выборки.
2. Создание и подгонку нескольких моделей.
3. Добавление подогнанных моделей в таблицы моделей.
4. Выполнение прогноза для тестового множества и оценка точности.
5. Корректировку моделей на полный набор данных и прогнозирование на будущие значения.

Рассмотрим пример реализации моделирования и прогноза временного ряда для количества пожаров в Красноярском крае на основе данных, анализируемых Главным управлением МЧС России по Красноярскому краю. Напомним, что актуальным регламентирующим документом по учету сведений о пожарах является Приказ МЧС России «О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий» [1].

Исходные данные показаны на рис. 1. Данные соответствуют количеству пожаров в 2018-2019 годах, на графике хорошо видно, что максимальные значения достигаются в конце апреля или начале мая.

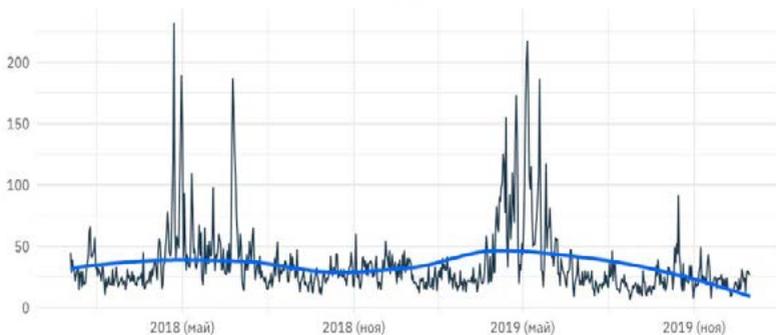


Рис. 1. Исходный временной ряд

Разбиение на обучающую и тестовую выборку можно делать либо указав временной параметр, либо соотношения (см. рис. 2).

Следующим этапом является создание и подгонка моделей. Ключевая особенность *modeltime* заключается в возможности работы с несколькими моделями одновременно. Вот некоторые модели с которыми можно работать в *modeltime*:

- ARIMA;
- линейная регрессия;
- экспоненциальное сглаживание ETS;
- модель Prophet (Facebook, Inc.);
- модель MARS
- Elastic Nets;
- Random Forest.

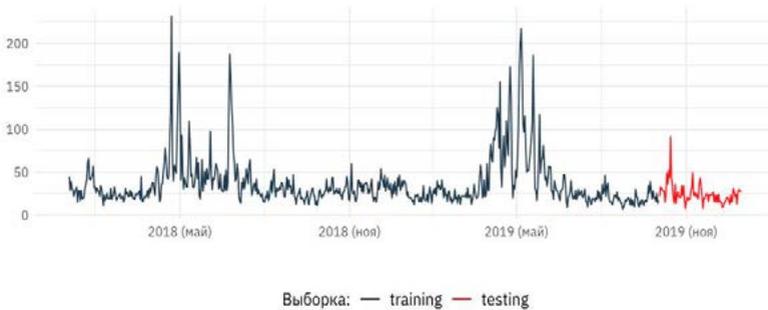


Рис.2. Разбиение на обучающую и тестовую выборку

Кроме того, *modeltime* позволяет комбинировать алгоритмы, улучшая их, например, в модели Prophet можно улучшить ошибки используя известный алгоритм машинного обучения XGBoost, что дает новую модель, которая называется Prophet Boost.

Модели машинного обучения более сложны, чем автоматизированные модели. Эта сложность обычно требует рабочего процесса (иногда называемого конвейером в других языках). Общий процесс протекает следующим образом:

- Создание типа модели, так называемого «рецепта» (*recipe*) предварительной обработки используя *tidymodels*.
- Создание спецификаций модели.
- Использование рабочего процесса для объединения спецификаций модели, предобработки и подходящей модели.

Модели прописываются и добавляются в единую таблицу моделей, в которой до включения можно настраивать параметры, а затем проходит их подгонка/масштабирование, проверка на соответствие и калибровка по отношению к тестовой выборке.

Далее происходит оценка точности качества моделей на тестовой выборке используя различные показатели точности:

- MAE – средняя абсолютная ошибка;
- MAPE – средняя абсолютная процентная ошибка;
- MASE – средняя абсолютная нормированная ошибка;
- SMAPE – симметричная средняя абсолютная процентная ошибка;
- RMSE – среднеквадратичная ошибка;
- RSQ – показатель R^2 .

Например, для рассматриваемого примера, наименьшими ошибками будут обладать модели Prophet и Prophet Boost (см. рис. 3).

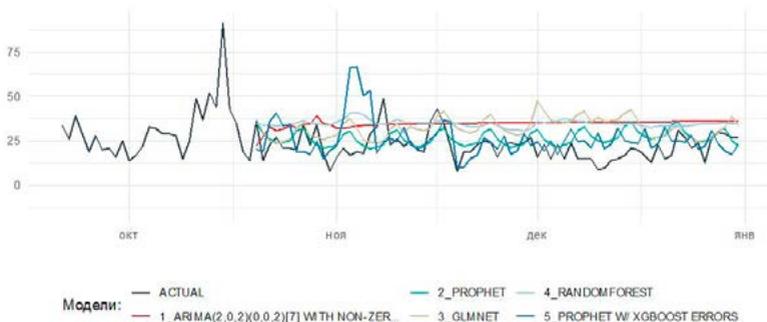


Рис. 3. Подгонка моделей на тестовой выборке

Заключительный шаг состоит в том, чтобы скорректировать модели, распространить их на полный набор данных и спрогнозировать будущие значения (см. рис. 4). Для того, чтобы можно было оценить точность прогноза, на прогнозируемые значения также наложены истинные значения количества пожаров в 2020 году.

Мы видим, что для непродолжительного прогноза (приблизительно до 3-х месяцев вперед) модель Prophet Boost дает неплохую верхнюю оценку для количества пожаров в 2020 году. Наихудшие прогнозы моделей возникают для аномально больших/малых значений.

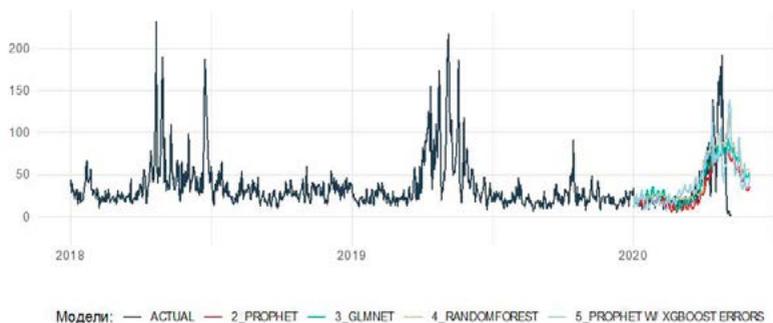


Рис. 4. Визуализация прогноза временного ряда для скорректированных моделей

Заключение

Моделирование количества пожаров на основе библиотеки *modelftime* дает достаточно качественные краткосрочные прогнозы, что может быть использовано для статистических отчетов и создания интерактивных веб-приложений. Для исследования аномалий и выбросов можно использовать моделирование на основе нейронных сетей. Использование такого рода прогнозирования может быть использовано и в других областях, например в гидрологии для прогнозирования уровня разливов рек, чрезвычайных случаев на транспорте, и т.д.

Список использованных источников

1. Приказ МЧС России от от 24 декабря 2018 г. № 625 «О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий».
2. Батура, А.Н., Прогнозирование количества пожаров в регионе на основе теории временных рядов. Технологии гражданской безопасности. 2013. Т. 10. № 3 (37). С. 84-88.
3. Батура, А.Н., Среднесрочное прогнозирование количества пожаров с использованием автокорреляционных функций. Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2014. № 3 (11). С. 28-36.
4. Бабёнышев, С. В. Математические методы и информационные технологии в научных исследованиях [Текст]: учебное пособие / С.В. Бабёнышев, Е.Н. Матеров – Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – 215 с.: ил.
5. Матеров, Е.Н., Использование языка программирования R в вопросах пожарной безопасности: анализ статистики количества пожаров на основе теории временных рядов. Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. №1 (12). С. 52-57.

Определение объема горючего материала на участке лесного массива при построении вероятностной модели возникновения очага возгорания

Широухов Александр Валерьевич

кандидат технических наук

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация. В статье рассматриваются способы определения массы горючего материала на локальном участке лесного массива, как параметра необходимого для составления вероятностной модели возникновения очага возгорания. Приведенный метод построен на вероятностной модели распределения элементов растительности как по площади, так и по высоте. Применение полученных зависимостей позволяет повысить точность прогноза возникновения очага возгорания и дальнейшего развития лесного пожара.

Ключевые слова: высота лесного массива, усредненная плотность горючего материала лесного массива, распределение массы горючего материала, объем кроны деревьев, время горения участка лесного массива.

Лесные пожары ежегодно причиняют колоссальный ущерб лесному хозяйству, и как следствие, экономике страны. Одним из эффективных способов борьбы с данным видом пожаров является купирование очагов возгорания на ранних стадиях. Следовательно, возникает необходимость в разработке высокоточных методов прогнозирования вероятности возникновения очагов лесных пожаров. На сегодняшний день существует ряд, хорошо зарекомендовавших себя методик [1], но в большинстве случаев имеющиеся методики определения вероятности возникновения очага возгорания не учитывают фактор качества растительности лесного массива, что снижает показатели эффективности прогноза. Связано это с отсутствием, эмпирического способа определения количества горючего материала в локальном лесном массиве. Качество растительности лесного массива весьма разнообразно как по видам растительности (хвойные, лиственные, кустарники, лесной подрост, древостой и т.д.) так и по направлениям заполнения пространства лесного массива однотипными видами растительности (хвойные с высокими кронами, хвойные с низкими кронами, лиственные с кустарником, высокий кустарник, низкорослый кустарник и т.д.). Имеющиеся неоднородности распределения видов растительности по территории участка лесного массива (наличие опушек, полян и т.д.) так же не позволяют принять лесной массив как однородный на достаточно больших площадях, что вызывает затруднения в рассмотрении участков лесных массивов достаточной площади с целью осуществления какого-либо прогноза возникновения лесного пожара.

В свете вышеизложенного, возникает необходимость в определении какого-то параметра, способного характеризовать качество лесного массива с точки зрения возможности возгорания и последующего горения. Параметр, характеризующий лесной массив, должен отвечать условию универсальности и не зависеть от типа растительности или распределения её по территории лесного массива.

Предлагается в качестве параметра, характеризующего состояние и распределение лесной растительности на территории выделенного участка (лесного массива) принять величину определяющую массу горючего материала на площади выделенного лесного массива- $m_{гм}$.

Для определения данного параметра целесообразно использовать универсальную геометрическую формулу площади участка лесного массива (УЛМ). В качестве такой формы может быть принят круг определенного радиуса, получаемый при приближении форм реального УЛМ к окружности, путем округления внешних неровностей (1). Радиус окружности R_0 является случайной величиной и может принимать значения от нуля до максимального значения R_{max} . Для определения среднего радиуса площади УЛМ R_c , рассмотрим случайную величину r , представляющую собой расстояние от какой-либо точки внутри круга радиуса R_{max} до центра. Расстояние r от произвольной точки внутри круга до его центра равно:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

где x, y – линейные прямоугольные координаты точки внутри круга радиуса R_{max} .

Анализ показывает, что случайные величины x, y можно считать распределенными по нормальному закону с математическим ожиданием, равным нулю, и средним квадратичным отклонением σ . При этом случайная точка с координатами x, y будет распределена по двумерному нормальному закону со средним квадратичным отклонением σ [2]:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Доказано [3], что в этом случае радиус r распределен по закону Рэля с плотностью:

$$f(r) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$$

В этом случае математическое ожидание радиуса r равно:

$$m_r = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

Основываясь на принципе «практической достоверности» [3], с вероятностью 0,99 можно принять:

$$\sigma \approx \frac{1}{3} R_{max}$$

При этом средний радиус УЛМ R_c будет равен:

$$R_c = m_r = R_{max} \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \approx 0,42R_{max} \quad (2)$$

Для определения массы горючего материала необходимо знать и объем ВУЛМ УЛМ. Для последующих исследований в качестве объемной модели УЛМ можно принять цилиндр с радиусом R_c и высотой H_c (рис.1).

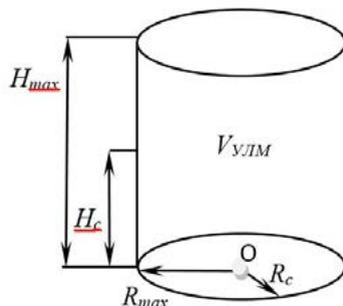


Рис. 1. Модель определения объема горючего материала участка лесного массива

По аналогии нахождения радиуса окружности, средняя высота лесного массива H_c - величина случайная и может принимать значения от нуля до максимального H_{max} . Примем допущение, что величина H_c распределена по закону Рэлея с математическим ожиданием m_h , и среднеквадратичным отклонением σ , тогда функция распределения примет вид:

$$f(h) = \frac{h}{\sigma^2} e^{-\frac{h^2}{2\sigma^2}}$$

Тогда математическое ожидание высоты H равно:

$$m_h = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}}$$

В соответствии с принципом «практической достоверности», с вероятностью 0,99 можно принять:

$$\sigma \approx \frac{1}{3} H_{max}$$

Следовательно, средняя высота H_c УЛМ будет определяться:

$$H_c = m_h = H_{max} \frac{1}{3} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \approx 0,42H_{max} \quad (3)$$

Объем участка лесного массива составит:

$$V_{УЛМ} = H_c \pi R_c^2$$

исходя из полученных значений радиуса цилиндра (2) и его высоты (3):

$$V_{у\text{лм}} = 0,42H_{\text{max}}\pi 0,42R_{\text{max}}^2 \approx 0,21H_c R_c^2 \quad (4)$$

Для определения массы горючего материала необходимо ввести понятие средней плотности участка лесного массива - . Под данным параметром следует понимать усредненное количество горючего материала, приходящегося на единицу объема лесного массива.

Данные о плотности горючего материала могут быть получены эмпирическим путем. В результате измерений, сопоставлений количества горючего материала в заданном объеме с его массой (в результате вырубки определенных участков) можно судить об усредненном значении плотности горючего материала, либо на основе данных статистики о пожарах, сопоставляя данные о времени горения того или иного участка и данных о качестве лесного массива до пожара. Зная зависимость времени горения от количества горючего материала, располагая данными об объеме лесного массива, можно судить о значении плотности для того или иного лесного массива.

При описании состояния и распределения лесной растительности не следует пренебрегать изменениями плотности горючего материала в зависимости от высоты лесного массива, так как данный параметр может существенно отличаться от среднего значения. Неравномерное распределение массы горючего материала по высоте может в значительной мере влиять на распространения фронта пламени в зависимости от типа пожара (низовой, верховой). Целесообразно выделить три слоя (по высоте) участка лесного массива: низовой H_1 (трава, мох, упавшая древесина, кустарник, кроны низкорослых деревьев), средний H_2 (кроны среднерослых деревьев), верховой H_3 (кроны высокорослых деревьев). Следовательно, каждому слою будет соответствовать свое значение плотности $\rho_{у\text{лм}}$ и объема УЛМ (рис.2).

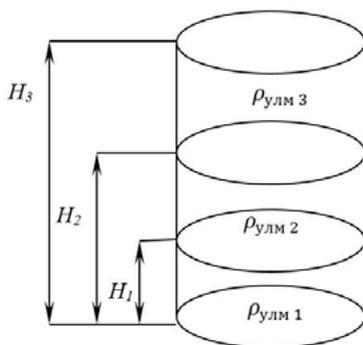


Рис. 2. Модель распределения плотности горючего материала участка лесного массива

Распределение плотности УЛМ по высоте носит случайный характер, характер распределения нельзя назвать нормальным, так как анализ показывает, что наибольшее количество горючего материала сосредоточено в низовом и верховых слоях.

При известных данных об объеме лесного массива и плотности горючего материала, масса горючего материала УЛМ можно определить:

$$m_{\text{ГМ}} = \rho_{\text{УЛМ}} V_{\text{УЛМ}}$$

Для решения задачи нахождения массы горючего материала можно применить свойство «золотого сечения» да Винчи [4; 5]. Данная закономерность (5) получена эмпирическим путем в результате анализа структуры стволовой системы деревьев:

$$D_{\text{ст } i}^n = \sum d_{\text{вет } i}^n \quad (5)$$

где $D_{\text{ст } i}^n$ - диаметр основного ствола дерева на i -й высоте,

$d_{\text{вет } i}^n$ - диаметр веток кроны на i -й высоте,

$n = 1.8 \dots 2.3$ - эмпирический показатель степени (при расчетах принимается $n=2$).

Данное соотношение не зависит от типа деревьев, их размера и места произрастания, следовательно, данное равенство можно рассматривать как универсальное соотношения позволяющее определить объем ствола дерева.

Объем ствола дерева можно определить:

$$V_{\text{ст}} = \int_{i=0}^H S(h) dh \quad (6)$$

где - объем ствола дерева,

$S(h)$ - площадь поперечного сечения стволовых элементов дерева.

Допустив предположение, что ствол и ветки деревьев являются поверхностью вращения, площадь поперечного сечения стволовых элементов дерева можно представить, как:

$$S(h) = \sum \pi R^2$$

Исходя из принятой закономерности, получаем:

$$S(h) = \pi \frac{D_{\text{ст}}^2}{4}$$

Если принять что диаметр ствола является функцией от высоты дерева:

$$D_{\text{ст}} = f(h_i) = ah_i$$

где - коэффициент пропорциональности, индивидуальный для каждого типа (сорта) дерева, находится эмпирическим путем,

h_i - высота i -го слоя, тогда:

$$S(h) = \pi \frac{a^2}{4} h_i^2$$

Используя полученные закономерности и интегрируя выражение (6) получаем:

$$V_{\text{ст}} = \pi \frac{a^2}{6} H_c^3 + C$$

При нахождении объема горючего материала нельзя не учитывать объем кроны деревьев, в данном случае:

$$V_{\text{ГМ}} = V_{\text{СТ}} + V_{\text{КР}}$$

где $V_{\text{кр}}$ можно представить как функцию от высоты дерева:

$$V_{\text{кр}} = f(h_i) = bh_i$$

где b – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа дерева и места произрастания, находится эмпирическим путем.

Зная объем горючего материала, в данном случае объем элементов дерева, и его плотность нахождение массы горючего материала не представляет труда.

Таким образом зная массу горючего материала можно определить время горения УЛМ, т.е. появляется возможность определения времени перехода из одного состояния лесного массива в другое, что дает возможность для дальнейшего построения математической модели процесса возникновения и распространения лесных пожаров.

Список использованных источников

1. Широухов А.В. Методика анализа рисков возникновения лесных пожаров. [Текст] / А.В. Широухов, К.С. Иванов // Научно-аналитический журнал «Природные и техногенные риски (физико-математические прикладные аспекты)». – №2(6). СПб УГПС МЧС России, 2013.15-24 с.
2. Теория вероятностей: учебник/ Е.С. Вентцель, - 11-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2010. – 664 с.
3. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие / Е.С. Вентцель, Л.А. овчаров. – 5-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2011. – 448 с.
4. Лесная геометрия: научно-популярная статья. [Электронный ресурс] Научно-популярный журнал «Популярная механика»- №11(109). Москва, 2011. Режим доступа: <https://www.popmech.ru/science/12169-lesnaya-geometriya-kod-da-vinchi/>
5. Шкруднев Ф.Д. Золотое сечение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shkrudnev.com/index.php/home/vybor/item/1396-zolotoe-sechenie#s10>

Прогнозируемая интенсивность лесных пожаров в национальном парке «Красноярские столбы»

Андреев Артем Юрьевич

Феоктистова Алина Владимировна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Аннотация. Изучена обстановка с лесными пожарами в национальном парке «Красноярские Столбы». Приведены методы и результаты расчета запаса напочвенного лесного горючего материала в зависимости от типа леса и среднего возраста деревьев преобладающей породы, интенсивности горения низовых пожаров при различных погодных условиях по формуле И.М. Байрама.

Ключевые слова: лесной горючий материал, запас, возраст древостоя, класс пожарной опасности, потенциальная интенсивность горения

Введение

Красноярский край является одним из самых горимых субъектов в Российской Федерации. В последние годы на его территории в зависимости от погодных условий возникает от 1000 до 1700 лесных пожаров за сезон, которые охватывают площади от нескольких сотен до миллиона гектаров и приносят большой экономический ущерб и губительные экологические последствия. 95-97% пожаров являются низовыми, остальные – верховыми и почвенными.

Воздействие лесных пожаров на компоненты ландшафтов и особенно на биоту, чрезвычайно глубокое и разнообразное. Оно обуславливает лесоводственный и экологический ущерб, сукцессии растительности, влияет на биоразнообразие растительности и животных.

Лесоводственный ущерб от пожаров образуется за счет частичной или полной гибели древостоя, отмирания подроста и подлеска, уничтожения живого травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового покрова. Часто пожарами полностью или частично уничтожается лесная подстилка и опад из органической биомассы.

Воздействие пожаров на компоненты экосистемы имеет свои специфические особенности в насаждениях разных типов леса, возраста древостоя, состава пород, количества и густоты подроста и подлеска, степени покрытия поверхности почвы травяно-кустарничковым ярусом, мощности и состава мохово-лишайникового покрова. Наибольший лесоводственный ущерб имеет место после пожаров в темнохвойных горно-таёжных сообществах с наличием мощного мохового покрова, густым подростом из ели, пихты и кедра, с вертикальной сомкнутостью древесного полога. В этих насаждениях развиваются сильные низовые и верховые пожары, приводящие к 100% отмиранию всех компонентов сообщества

с последующим образованием гарей в абсолютном понимании этой категории площадей. Более разнообразны по своему характеру и последствиям пожары в равнинных, предгорных, низкогорных и среднегорных ландшафтах с сосновыми и лиственничными коренными лесами. Амплитуда отпада деревьев, уничтожения огнём подроста и подлеска, травяно-кустарничкового и мохового покрова изменяется здесь в очень широких интервалах: от 100% гибели при низовых пожарах сильной интенсивности до почти полного отсутствия лесоводственного ущерба, когда уничтожаются фрагментарно напочвенный покров и единичные экземпляры подроста и подлеска [1].

После высокоинтенсивных пожаров надземная фитомасса снижается на 74 %, а мортмасса (подстилки, сучьев и валежа) увеличивается в 2 раза и более в результате отпада деревьев [2].

В результате пожаров слабой интенсивности происходит несплошное и неполное прогорание подстилки и напочвенного покрова с единичными повреждениями деревьев и кустарников.

Устойчивые пожары сильной интенсивности приводят к сильной минерализации почвы, связанной с практически полным прогоранием напочвенного покрова, более интенсивному отпаду подроста и появлению нового куртинного возобновления. В результате формируется смешанная третья стадия кустарничкового молодняка и четвертая – спелого леса, объединяющие комплекс видов кронников и кустарниковых с меньшей плотностью заселения [3].

Таким образом, степень воздействия лесного пожара на флору и фауну определяется его видом, площадью и интенсивностью. Иванова Г.А. в качестве одной из характеристик интенсивности низового пожара предлагает применять теплоту сгорания горючего материала, выраженную в кВт/м, и выделяет пожары низкой интенсивности - до 2000 кВт/м, средней - от 2000 до 4000 кВт/м и высокой интенсивности - более 4000 кВт/м [4].

Объект и методы исследований

Национальный парк «Красноярские Столбы» расположен в Красноярском крае на северо-западных отрогах Восточных Саян, граничащих со Среднесибирским плоскогорьем. Естественными рубежами охраняемой территории являются правые притоки Енисея: на северо-востоке – река Базаиха, на юге и юго-западе – реки Мана и Большая Слизнева. С северо-востока «Столбы» примыкают к городу Красноярску.

Основан в 1925 году по инициативе жителей города Красноярска для сохранения природных комплексов вокруг живописных скал – сиенитовых останцев. В настоящее время его площадь составляет 47219 га. Входит в Ассоциацию заповедников и национальных парков Алтае-Саянского экорегиона. Постановлением Правительства РФ от 28 ноября 2019 года Государственный природный заповедник «Столбы» преобразован в национальный парк «Красноярские Столбы».

Исторически сложилось разделение территории парка на три зоны с различным режимом использования и охраны – открытая для посещения (3% от всей территории), буферная зона (7%) и зона строгого заповедного режима (90%).

Туристско-экскурсионный район (ТЭР) расположен в ближайшей к городу части. На данную часть приходится самая большая рекреационная нагрузка. Люди чаще всего приходят отдыхать как на один день, так могут остаться и на более продолжительное время. Основными видами нарушений являются разведение костров, сбор ягод, грибов. Именно на этой площади часто возникают пожары. В организационном плане территория национального парка разделена на три участковых лесничества и 114 кварталов размером 2*2 км.

Территория парка до его создания и в период последующего расширения до современных размеров неоднократно подвергалась воздействию лесных пожаров, о чем свидетельствуют встречающиеся почти повсеместно следы горения на живых и мёртвых деревьях.

Большую опасность для лесов национального парка, примыкающих к дачным поселкам, представляют такие нарушения правил пожарной безопасности, как неконтролируемое сжигание мусора и прошлогодней травы, а также неорганизованный отдых граждан в охранной зоне с использованием костров и мангалов. За период с 2000 до 2007 года из 34 потушенных пожаров 12 возгораний были именно по этим причинам.

В основном пожары, связанные с неосторожным обращением с огнем (в том числе и с разведением костров), возникают преимущественно в выходные дни (во второй половине дня), иногда они обнаруживаются в первый рабочий день в утреннее время; очень редко – в вечерние часы по будням.

Наиболее катастрофические пожары были в 1997, 1999, 2002 и 2004 годах. На них приходится 83% площади, пройденной лесными пожарами за годы существования национального парка. Некоторые участки были пройдены пожарами несколько раз, особенно на территории ТЭР, на которую приходится 62% численности пожаров по парку и почти половина пройденной огнем площади.

С 2004 по 2012 год пожаров на территории парка не было. В 2005 и 2006 годах отмечалось только по одному возгоранию, которые были своевременно ликвидированы на площади, не превышающей нескольких квадратных метров.

В период с 2012 года по настоящее время динамика горения не имеет определенной тенденции. Преобладающим видом пожара является низовой беглый, в 2012 году в пяти из семи случаев был низовой устойчивый тип возгораний. За исследуемый период времени пожары характеризовались преимущественно как среднеинтенсивные. В 2019 году произошел самый крупный пожар за последнее десятилетие, площадь которого составила 39,4 га, где низовое горение перешло в верховое.

Большинство пожаров возникали в апреле-мае, но возможность загораний не исключается и в более поздний период. Пожары относятся к низовым слабой и средней интенсивности, но возможны локальные переходы низовых пожаров в верховые. Все зафиксированные пожары на территории парка имеют антропогенный характер – от неосторожного обращения с огнем в лесу и разведения костров.

Для определения интенсивности горения лесного горючего материала (ЛГМ) в мировой практике чаще всего используется формула И.М. Байрама [5]:

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

где I – интенсивность пожара, Дж/с*м;

M – запас горючего, кг/м²;

Q – теплотворная способность горючего с учетом влагосодержания, Дж/кг;

v – скорость распространения кромки пожара, м/с.

Скорость распространения кромки низового пожара при различных классах пожарной опасности по условиям погоды заимствована из Приказа Рослесхоза от 03.04.1998 № 53 [6]. При этом были взяты следующие показатели: при I-II классах пожарной опасности по условиям погоды скорость распространения кромки составляет 1 м/мин, при III классе – 3 м/мин, при IV-V классах – 6 м/мин. Теплотворная способность различных ЛГМ принята в соответствии с результатами исследований Смирнова А.П. и Мельникова Е.С. [7], а относительное количество лесного горючего материала, сгорающего при пожаре при различных классах пожарной опасности по условиям погоды, в соответствии с данными, полученными Валендиком Э.Н. с соавторами [8].

Запас напочвенных лесных горючих материалов определяли расчетным методом в соответствии с результатами исследований СПбНИИЛХа [9], которые выявили *зависимость запаса напочвенного горючего материала по основным группам типов леса от среднего возраста деревьев преобладающей породы* – коэффициент корреляции варьируется от 0,58 до 0,93.

Зависимость запаса ЛГМ от среднего возраста выражается следующими уравнениями (формулы 2-7):

а) для зеленомошных типов леса:

$$m = \frac{1}{0,03 + 1/v}, \quad (r = 0,93), \quad (2)$$

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

v – средний возраст деревьев преобладающей породы, лет.

б) для осочково-разнотравных типов леса:

$$m = \frac{1}{0,02 + 1,26/v}, \quad (r = 0,84), \quad (3)$$

в) для травяно-болотных типов леса:

$$m = \frac{1}{0,02 + 1,24/v}, \quad (r = 0,64), \quad (4)$$

г) для кустарниковых типов леса:

$$m = \frac{1}{0,02 + 1,13/v}, (r = 0,77), \quad (5)$$

д) для крупнотравных типов леса:

$$m = 16,33(1 - e^{-0,1v}), (r = 0,58), \quad (6)$$

ж) для мертвопокровных типов леса:

$$m = 1,26v^{0,73}, (r = 0,85). \quad (7)$$

Для использования расчетного метода оценки запаса ЛГМ СПбНИИЛХа все типы леса, представленные на территории национального парка, были объединены в пять групп типов:

- зеленомошные;
- осочково-разнотравные и травяно-болотные;
- кустарниковые;
- крупнотравные;
- мертвопокровные.

На территории национального парка произрастают восемь древесных пород: сосна, пихта, ель, осина, лиственница, кедр, берёза и ива. Преобладает пихтовый древостой (29,29%), доля его участия возрастает от туристско-экскурсионной части к заповедной. Второе место по распространению занимает сосна (26,61%), где наблюдается обратная тенденция – увеличение доли происходит от заповедной зоны к ТЭР. Лиственные породы (осина, берёза и ива) занимают около 25% (рис. 1).

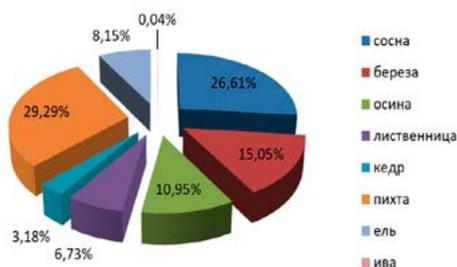


Рис. 1. Распределение территории Национального парка «Красноярские столбы» по древостоям, %

Возраст древостоя преимущественно составляет более ста лет. Самыми молодыми деревьями являются берёза, осина и ива. У сосны, кедра и лиственницы средний возраст выше, в то время как у пихты и ели рост замедлился. Это обу-

словлено тем, что пихтовые древостои, достигнув возраста естественной спелости, начинают постепенно распадаться. Распределение древесных пород по среднему возрасту представлено на рис. 2.

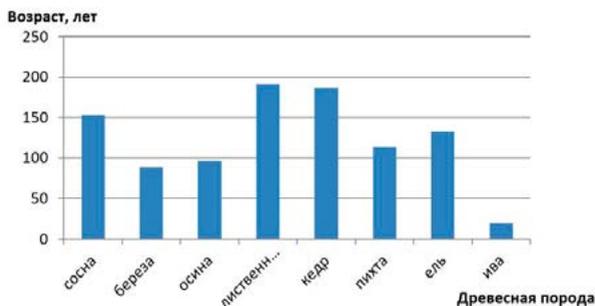


Рис. 2. Средний возраст деревьев преобладающей породы

Результаты исследований

Наибольший и наименьший средние запасы напочвенных ЛГМ зафиксированы на территории Столбинского лесничества – 190 т/га в мертвопокровных и 69,3 т/га в крупнотравных типах леса (таблица).

Таблица – Запас лесных горючих материалов на территории национального парка «Красноярские Столбы»

Группа типов леса	Средний запас ЛГМ, т/га			по группам типов леса
	по лесничествам			
	Столбинское	Базайское	Манское	
Зеленомошные	161	140,8	132,6	144,8
Осочково-разнотравные и травяно-болотные	137	137	124,1	132,7
Кустарниковые	150	141	132,6	141,2
Крупнотравные	69,3	70,5	72,4	70,7
Мертвопокровные	190	156	153,7	166,6

По формуле (1) с использованием полученных данных запаса ЛГМ была рассчитана потенциальная интенсивность низовых пожаров на лесных участках (кварталах) национального парка при I-II, III и IV-V классах пожарной опасности по условиям погоды. С наименьшей интенсивностью могут гореть крупнотравные типы леса. Наибольшие расчетные значения интенсивности получены для участков мертвопокровных и кустарниковых типов леса. Из древостоев наибольшей

интенсивностью горения выделяются хвойные насаждения, достигшие состояния естественной спелости.

На графических материалах (рис. 3, рис. 4, рис. 5) потенциальная интенсивность выделена следующими цветами:

- зеленым, низкая интенсивность – до 2000 кВт/м;
- желтым, средняя интенсивность – от 2000 до 4000 кВт/м;
- красным, высокая интенсивность – свыше 4000 кВт/м.

При I-II классах пожарной опасности по условиям погоды на всей лесной территории парка возможны пожары только низкой интенсивности, вероятное максимальное значение в сосняках кустарниковых – около 600 кВт/м.

Средние значения интенсивности лесного низового пожара по всей территории парка находятся в промежутке от 100 до 300 кВт/м.

На территории 42 и 88 кварталов характерными является сосновые насаждения, возраст которых достигает 250 лет, здесь зафиксированы максимальные значения интенсивности, которые составляют 1126 кВт/м и 1093 кВт/м соответственно (рис. 3).

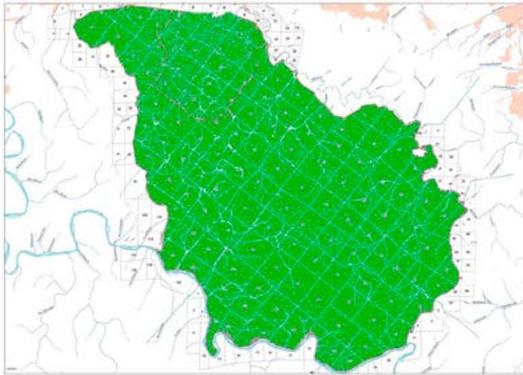


Рис. 3. Потенциальная интенсивность горения лесных участков национального парка «Красноярские Столбы» при I-II классах пожарной опасности по условиям погоды

При III классе пожарной опасности по условиям погоды на большинстве лесной территории парка возможны пожары низкой интенсивности, но в сосняках кустарниковых и травяно-болотных возможны пожары средней интенсивности с выделением тепла более 2000 кВт/м. Значения по Столбинскому лесничеству варьируются в пределах от 800 до 1200 кВт/м, в Манском – от 400 до 1100 кВт/м, а на территории Базайского лесничества – около 850 кВт/м.

На территории туристско-экскурсионного района следует обратить внимание на кварталы 19, 42, 48, 49 и 83, где произрастают сосновые насаждения в возрасте 170 лет и более. Здесь возможно горение с интенсивностью от 3093 до 4400 кВт/м (рис. 4).

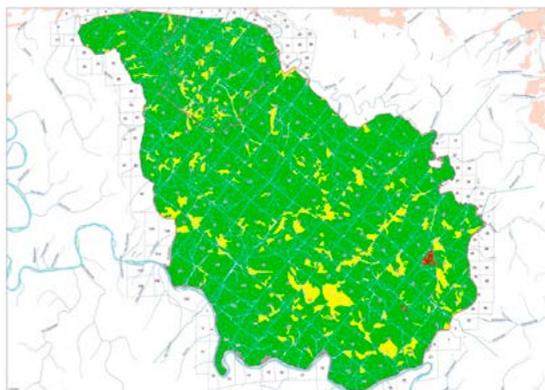


Рис. 4. Потенциальная интенсивность горения лесных участков национального парка «Красноярские Столбы» при III классах пожарной опасности по условиям погоды

При IV-V классах пожарной опасности по условиям погоды на лесной территории парка возможны пожары низкой и средней интенсивности, а в сосняках кустарниковых, травяно-болотных и мертвопокровных вероятны пожары высокой интенсивности с выделением тепла более 6000 кВт/м.

В туристско-экскурсионном районе и буферной зоне при данных погодных условиях возможно распространение лесных пожаров со средней интенсивностью от 2000 до 4000 кВт/м, а на отдельных участках с высокой, максимальное рассчитанное значение получено в 42 квартале и составляет 10134 кВт/м.

Потенциальная интенсивность горения на лесной территории национального парка при IV-V классах пожарной опасности по условиям погоды приведена на рис. 5.

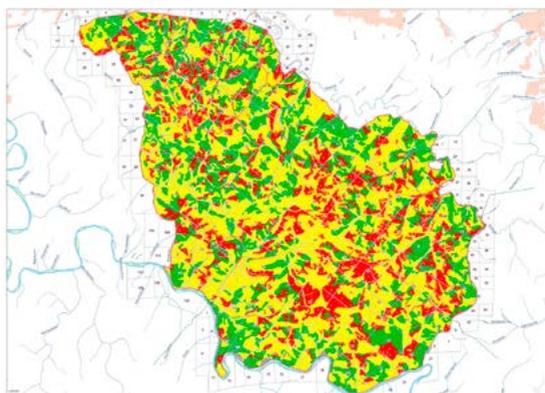


Рис. 5. Потенциальная интенсивность горения лесных участков национального парка «Красноярские Столбы» при IV-V классах пожарной опасности по условиям погоды

Выводы

При I и II классах пожарной опасности по условиям погоды на всей территории национального парка «Красноярские Столбы» возникновение лесных пожаров маловероятно, а если они все-таки возникают, то распространяются с очень низкой интенсивностью, не представляют сложностей для тушения и практически не влияют на биогеоценоз.

При III классе пожарной опасности по условиям погоды почти на всей территории национального парка, за исключением нескольких кварталов, при возникновении лесных пожаров также наиболее вероятно их распространение с низкой интенсивностью. Однако тепловыделение от пожаров при этом выше, чем при I и II классах.

При низовых пожарах огнем могут повреждаться только нижние ярусы – мохово-лишайниковый, травяной и кустарничковый (иногда – кустарники и подрост).

При высокой (IV класс) и чрезвычайной (V класс) пожарной опасности по условиям погоды почти на всей территории национального парка локально и на значительных площадях вероятны лесные пожары высокой интенсивности. В сосняках кустарниковых и мертвопокровных при наличии хвойного подроста и, особенно на крутых склонах, возможны верховые пожары, которые ведут к полной или частичной гибели древостоя, инициируя наиболее длительные сукцессионные серии, на больших площадях сгорает накопленное десятилетиями растительное органическое вещество, уничтожается почвенный покров.

Список использованных источников

1. Андреев Ю.А. Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алтае-Саянского экорегиона): справочное пособие / Андреев Ю.А., Брюханов А.В. Красноярск. 2011. - 272 с.
2. Иванова Г.А. Постпирогенная трансформация основных компонентов сосняков Средней Сибири / Иванова Г.А., Жила С. В., Иванов В. А., Ковалева Н. М., Кукавская Е. А. // Сибирский лесной журнал. 2018. - № 3. - С. 30–41.
3. Стратегия по снижению пожарной опасности на ООПТ Алтае-Саянского экорегиона. Отчет Института леса им. В.Н. Сукачева (ИЛ СО РАН), подготовленный в рамках выполнения работ по проекту ПРООН/МКИ «Расширение сети ООПТ для сохранения Алтае-Саянского экорегиона». Красноярск, 2011. - 282 с.
4. Иванова Г. А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: дис. ... д-ра биол. наук. Красноярск, 2005. - 405 с.
5. 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.
6. 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.
7. Смирнов А.П. Лесная пироэкология: Учебное пособие. / Смирнов А.П., Мельников Е.С. СПб: СПб ГЛТА, 2006. - 60 с.

8. 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.
9. 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.

Учет влияния факторов среды эксплуатации при экспериментальной отработке керамических изделий

Ковель Анатолий Архипович¹

доктор технических наук, доцент

Бабенышев Сергей Валерьевич¹

кандидат физико-математических наук

Тиняков Сергей Евгеньевич²

кандидат технических наук

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ООО «Агро – промышленная компания «ПаК»

Аннотация: В статье изложена методология проверки таких свойств строительных керамических элементов, которые могут существенно влиять на прочность и долговечность сооружений, и деградация которых может привести к катастрофическим ситуациям. Изложенный в статье подход, использующий математическую теорию планирования эксперимента, дает эффективные, статистически обоснованные оценки остаточной прочности керамических изделий с учетом влияния внешних, технологических и биологических факторов. Методы, изложенные в статье, защищены российскими и евразийскими патентами.

Ключевые слова: математическое планирование эксперимента, испытание строительных материалов, керамические изделия

Введение

Случаи разрушения зданий и сооружений свидетельствуют о том, что контроль производства и качества строительных материалов требует совершенствования, включая сюда вопросы экспериментальной оценки качества изделий.

Как показывает практика, технологии изготовления кирпичей и керамических блоков (далее – керамические изделия), несмотря на долгую и успешную историю их применения, допускают дальнейшее совершенствование. Современные методы исследований и оптимизации компонентного состава и технологии изготовления керамических изделий позволяют повысить качество последних при сохранении коммерческой (ценовой) привлекательности их применения.

Математическое планирование эксперимента (МПЭ), активно применяющееся в различных сферах научных исследований [1-3], показало большие возможности и при решении инженерно-прикладных задач [4-8].

В данной статье дан обзор некоторых методологических аспектов применения МПЭ при исследовании сохранения прочностных свойств керамических изделий.

Моделирование условий эксплуатации

Одной из причин, снижающих прочность строительных конструкций, являются последствия взаимодействия их материалов с окружающей средой, способствующей развитию на поверхности и в объеме керамического изделия биологических объектов, продукты жизнедеятельности которых нарушают целостность внутренней структуры и/или поверхности керамического изделия. Являясь биологическими по причине, эти воздействия являются физическими и химическими по природе. Поначалу микроскопические, повреждения, накапливаясь со временем, могут катастрофически снижать прочность строительных конструкций.

Испытание керамических изделий при воздействии реальных биологических факторов – процесс, трудно реализуемый в силу сложностей и ограничений, возникающих при работе с биологическими объектами. Одним из возможных выходов является выбор моделирующих воздействий, которые эквивалентны по своим физико-химическим последствиям реальным биологическим факторам.

Основным альтернативным способом испытаний строительных материалов на биологическую стойкость, моделирующим взаимодействие строительных материалов со средой, вызывающей биологические дефекты, является воздействие на образцы материалов слабоагрессивной средой смеси органических кислот [4, 7, 9]. Реализация этого способа не требует использования среды с микроорганизмами и специальных установок. Испытания образцов строительных материалов могут быть проведены в условиях лабораторий заводов-изготовителей без специального разрешения органов санитарно-эпидемиологического надзора и без какой-либо биологической угрозы для здоровья людей, так как нет контакта с патогенными микроорганизмами.

Среду, вызывающую биологические повреждения, имитируют, варьируя воздействия, моделирующие эту среду: концентрацию и соотношения органических кислот, значения температуры, при которых проводят выдержку. Контроль реализуется, как визуально, так и экспериментальным измерением прочности образцов, подвергшихся воздействию химической среды. Планирование эксперимента позволяет оценивать влияние на прочность и долговечность керамических изделий различных комбинаций производственных факторов [4, 7].

Результатом испытаний является выбор такого сырьевого состава и добавок, а также технологии изготовления, которые минимизируют восприимчивость керамических изделий к биологическому воздействию среды. Естественно, что при этом большое разнообразие климатических условий для регионов РФ может определять географическую специфику составов и технологии.

Таким образом, выбор сырьевого состава и технологии изготовления керамических изделий позволяет определять долговременную прочность изделий и вытекающих из них максимальных сроков эксплуатации зданий и сооружений, в которых использованы керамические изделия.

В целом, исследование долговременной прочности продукции длительного применения состоит из двух основных задач:

- обеспечение необходимых свойств и их сохранение в течение срока службы;
- подтверждение сохранения необходимых свойств в заданных границах в течение длительного срока.

Вторая задача становится отдельной научно-технической проблемой при сроках службы более 10 лет. Ввиду того, что испытания на весь необходимый срок исключены, необходимы теоретико-экспериментальные методы, обеспечивающие статистически обоснованные результаты. Возможности ускоренных испытаний строительных материалов ранее рассматривались, например, в [10], однако удовлетворительные прикладные методики пока отсутствуют. Поиск способов подтверждения долговечности керамических изделий идет в направлении моделирования деградации керамики с учетом влияния эксплуатационных условий [8, 10].

Удобным оказалось понятие запаса работоспособности $\Delta П$ (запаса прочности для керамических изделий), как разности между фактической прочностью керамических изделий (например, на сжатие) и минимально допустимой прочностью для данного типа керамических изделий. Указанный запас расходуется в течение срока службы изделия в процессе износа. Располагая величиной запаса работоспособности $\Delta П$ и гарантируемым временем эксплуатации (t_r), можно оценить допустимую скорость расходования указанного запаса (см. формулу ниже):

$$v_{\text{доп}} = \Delta П / t_r$$

При решении этой задачи необходимо определить фактическую скорость расходования запасов работоспособности на реальных керамических изделиях. Постепенные изменения внутренней структуры изделия моделируют, исходя из картины реальных процессов. Керамические изделия, в частности, теряют запасы работоспособности из-за развития внутренних дефектов по хорошо известному механизму, связанному с пористостью.

Пористость керамического изделия обуславливает паро- и воздухопроницаемость последнего, приводя к заполнению пор влагой, которая замерзая при снижении температуры, расширяется и вызывает образование микротрещин, соединяющих соседние поры. После размораживания увеличивается объем пор, а постоянство объема влаги приводит к снижению давления и всасыванию дополнительной влаги, заполняющей поры.

Увеличение размеров пор, возникновение микротрещин, приводящих к объединению пор в полости значительных размеров, снижают прочность изделия. Указанные процессы, повторяющиеся циклически, характерны для весенне-осеннего периода, когда ночные заморозки сменяются дневными оттепелями, при этом количество циклов различно для различных климатических зон.

Развитию внутренних разрушений, снижающих прочность изделий, содействуют сопутствующие механические нагрузки, возникающие от близости железных дорог, забивания свай, работы машин и механизмов и других производственных условий.

Учёт такой модели накопления дефектов и наличие прочностных запасов работоспособности, позволяет достигать ускорения за счет исключения промежутков времени между циклическими изменениями температуры (зима-лето), а также сведения до минимума длительности циклов замораживание-размораживание, которые реально равны 8-12 часов. Так при моделировании 25-30 циклов (эквивалентны годовой эксплуатации), после 250-300 циклов от партии испытываемых керамических изделий отбирают образцы, на которых проверяют снижение прочности за счет деградации. С оставшимися изделиями продолжают испытания, каждый раз определяя величины расход запасов работоспособности.

Выбирая повторные циклы эквивалентными годовым, полученные результаты позволяют определить момент достижения предельно допустимого уровня ($\Pi_{\text{миндоп}}$) и построить модель накопления внутренних дефектов, снижающих прочность керамических изделий от группы к группе по мере увеличения количества циклов, а также сделать оценку фактической скорости (v_{ϕ}) снижения прочности с увеличением количества циклов. Сравнение ее с допустимой ($v_{\phi} < v_{\text{доп}}$, $v_{\phi} > v_{\text{доп}}$) позволяет судить о надежности и долговечности керамических изделий. Используя максимальное $\Delta\Pi_{\text{max}}$ и среднее $\Delta\Pi_{\text{ср}}$ значение запаса прочности, можно оценить возможные разбросы надежности и долговечности испытываемых изделий от минимальной до максимальной.

МПЭ обеспечивает необходимую информацию для оценки реальных процессов в керамических изделиях при эксплуатации. Так если в качестве варьируемых факторов при МПЭ (керамическое изделие – строительный кирпич) взяты:

x_1 – продолжительность обжига,

x_2 – температура обжига,

x_3 – доля сырья в готовом изделии из первого источника

(всего будем рассматривать в этом примере два возможных источника сырья, тогда доля сырья в готовом изделии из второго источника $1 - x_3$), то можно исследовать линеаризованную модель в виде регрессионной зависимости прочности изделий от трех факторов:

$$\Pi = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3,$$

где $x_1, x_2, x_3 = \{x_{ij}\}$ – совокупность воздействующих факторов, каждый из которых влияет на исследуемый $\Pi_{\text{ои}}$; $b_1, b_2, b_3 = \{b_{ij}\}$ – параметры регрессионной модели (коэффициенты влияния, отражающие вклад каждого фактора x_i в Π). В случае адекватности полученной регрессионной модели, её можно использовать для построения оптимизационной задачи, например, в простейшем виде:

$$x_1 \cdot c_{\text{эл}} \cdot \text{эл}(x_2) + c_{\text{сырья1}} \cdot x_3 \cdot M + c_{\text{сырья2}} \cdot (1 - x_3) \cdot M \rightarrow \min$$

$$x_{\text{min},i} \leq x_i \leq x_{\text{max},i}, \quad i = 1, 2, 3;$$

$$a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \geq \Pi_{\text{гост}},$$

где $c_{\text{эл}}$ – цена электричества; $\text{эл}(x_2)$ – функция удельных затрат электричества в зависимости от температуры обжига (x_2); $c_{\text{сырья}i}$ – цена единицы сырья из i -го

карьера; M – затраты сырья на единицу продукции; $\Pi_{\text{ГОСТ}}$ – минимальная прочность, требуемая по ГОСТу.

Удобно представлять результаты экспериментов графически. Значения для различных измерений, отложенные по осям ординат и соединенные для удобства восприятия отрезками, образуют факторограмму (см. рисунок). Так как разные образцы при измерениях дают в общем случае разные результаты измерений по исследуемым параметрам, совокупность факторограмм образует коридор откликов (как на рисунке). Но так как количество испытываемых образцов ограничено (k), возможные границы значений при массовом производстве в каждом опыте оценивают статистическими методами (например, как толерантные пределы: $\underline{\Pi}'_N$ и $\overline{\Pi}'_N$ – нижний и верхний толерантные пределы в каждом опыте, соответственно, см. рисунок).

Если нанести допустимые пределы для исследуемого параметра (см. рисунок), например, пределы прочности на сжатие ($\Pi_{\text{миндоп}}$, $\Pi_{\text{маздоп}}$) то разность между толерантными пределами ($\underline{\Pi}'_N$, $\overline{\Pi}'_N$) и допустимыми пределами определяет запасы работоспособности керамических изделий по отношению к верхнему или нижнему ограничению (см. рисунок):

$$\Delta \underline{\Pi} = \underline{\Pi}' - \Pi_{\text{миндоп}} \quad \text{– по отношению к нижнему ограничению, и}$$

$$\Delta \overline{\Pi} = \Pi_{\text{маздоп}} - \overline{\Pi}' \quad \text{– по отношению к верхнему ограничению.}$$

Принимая во внимание разброс прочностных и других параметров керамических изделий, разбросы работоспособности тоже могут иметь значения

$\underline{\Pi}'_N$, $\overline{\Pi}'_N$, определяемые границами коридора откликов (см. рисунок).

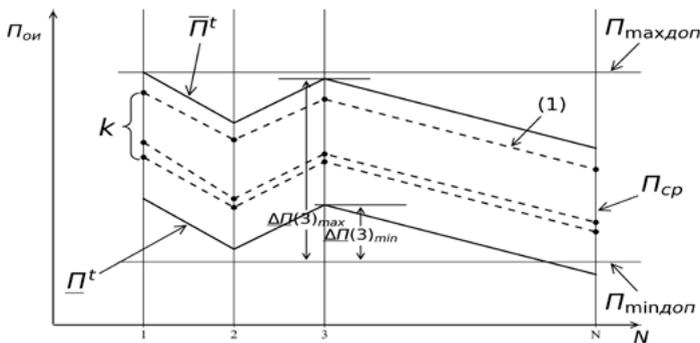


Рис. 1. Совокупность факторограмм (коридор откликов).

Таким образом, применение МПЭ позволяют находить такой вариант технологической реализации процесса изготовления керамических изделий (в зависимости от потребности, имеющихся ресурсов и источников сырья и т. д.), который, обеспечивая необходимый параметр $\Pi_{ки}$ керамического изделия (например, предел прочности на изгиб или сжатие), сокращает затраты на изготовление.

Если необходимо иметь нижнюю величину запасов работоспособности (например, $\Delta\Pi(3)_{\min}$), выбирают режимы и условия изготовления, определяемые опытом (температура, продолжительность обжига, процент примесей, сырье и др.).

Если использовать модели распределения (например, нормальный закон) между $\Delta\Pi_{\min}$ – $\Delta\Pi_{\max}$ относительно нижнего или верхнего ограничений, можно получить, например, для скорости развития износовых процессов, соответствующие статистико-вероятностные оценки.

В более общем случае, если в процессе моделирования эксплуатационных режимов не подтверждается линейная модель расходования запасов работоспособности ($v \neq \text{const}$), эта модель может быть уточнена введением учета нелинейных эффектов различных порядков.

В целом, главное достоинство рассмотренных методов – это их реализуемость на общедоступном лабораторном оборудовании. Выработанные рекомендации по режимам изготовления керамических изделий легко встраиваются в технологию изготовления последних. Приведенные примеры хорошо демонстрируют возможности математического планирования физического эксперимента в практике изготовления керамических изделий. Когда есть определенная модель физического воздействия на исследуемый объект, формализованная процедура реализации исследования параметров объекта с применением МПЭ позволяет экономить время и затраты на получение картины того, как поведет себя исследуемый объект в предполагаемых условиях через зависимости параметров образца от условий эксплуатационной среды. При этом совокупность воздействий среды имеют выраженную физическую природу (температуру, давление, электрические параметры, радиационные воздействия и др.), главное, чтобы указанные воздействия были независимыми и могли управляться при воспроизведении экспериментатором.

Далеко не полный перечень возможных задач, решаемых применением МПЭ, включает:

- оптимизация компонентного состава керамических изделий;
- оптимизация логистики при наличии нескольких сырьевых источников;
- выбор условий испытаний готовой продукции;
- прогнозирование возможных разбросов существенных параметров по результатам испытаний малой выборки образцов готовых изделий;
- информационное обеспечение предлагаемой рынку продукции.

Все методы, использованные при решении перечисленных задач, органично встраиваются в технологическую цепочку производства керамических изделий, но требуют участия специалиста для анализа качества продукции статистическими методами.

Выводы

В результате применения методов математического планирования эксперимента, при работе с небольшим количеством образцов [11], что немало важно при работе в условиях малого предприятия, были найдены технологические параметры, позволившие улучшить эксплуатационные характеристики керамических изделий, в том числе:

- коэффициент теплопроводности: на 0,42-0,45 Вт/м*К;
- предел прочности при сжатии лучше показателей ГОСТ на 0,8–1,6 Мпа;
- предел прочности при изгибе лучше показателей ГОСТ на 0,06–0,55 Мпа.

Результаты проделанной экспериментальной и теоретической работы, частично отражены в патентах и протоколе испытаний [5-7, 11]. Рассмотренные подходы могут быть использованы изготовителями керамических изделий для удешевления технологии изготовления, а также потребителями керамических изделий при анализе полноты испытаний поставляемых изделий.

Таким образом, применение методов математического планирования эксперимента может оказать значительный вклад в удешевление продукции при сохранении необходимых параметров качества.

Список использованных источников

1. Барабашук В.И., Креденцер Б.П., Мирошниченко В.И. Планирование эксперимента в технике. – Киев: Техніка, 1984. 200 с.
2. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. – Москва: Статистика, 1978. 245 с.
3. Синдяев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализа статистических данных. – Москва: Юрайт, 2011. 399 с.
4. Ковель А.А., Тиняков С.Е. Евразийский патент 022402. Способ моделирования взаимодействия строительных материалов со средой, вызывающей биологические повреждения. Бюл. № 3, 30.03.2018. 6 с.
5. Ковель А.А., Тиняков С.Е. Моделирование деградационных процессов керамических изделий в эксплуатационных условиях. Исследования наукограда. – Железногорск: 2015. С. 32-34.
6. Ковель А.А., Тиняков С.Е. Моделирование расходования запасов работоспособности керамических изделий. Сборник докладов всероссийской конференции. Безопасность и живучесть технических систем. – Красноярск, 2015, т. 1, с. 231-236.
7. Ковель А.А., Тиняков С.Е. Патент RU4609863 Способ моделирования взаимодействия строительных материалов со средой, вызывающей биологические повреждения. Бюл. № 4 06.02.2017. 7 с.
8. Ковель А.А., Тиняков С.Е. Патент RU2526299 Способ определения долговечности керамических изделий. Бюл. № 23, 20.08.14. 8 с.
9. КукOLEVA Д.А. Стротаков В.Ф. Патент RU2471188 Способ испытания строительных материалов на биостойкость. Бюл. № 36, 27.12.2012. 6 с.
10. Пешес Л.Я., Степанова М.Д. Основы теоретически ускоренных результатов испытаний. Минск: Наука и техника, 1992. 168 с.
11. Протоколы лабораторного контроля качества. ФГП, Железногорск, 2018. 10 с.

Применение симплекс-метода при решении задач линейного программирования на примере выбора оптимального варианта распределения ресурсов при проведении мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

Мясников Виктор Александрович

Николаев Глеб Александрович

Бояринова Светлана Петровна

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье проведен анализ применимости симплекс-метода для решения крупного класса задач линейного программирования, связанных с выбором оптимального варианта распределения материальных, технических и финансовых ресурсов при организации, планировании и проведении мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. По результатам анализа представлены соответствующие рекомендации по применению алгоритмов решения практических задач, использованию разделов научных теорий и проведению перспективных научных исследований.

Ключевые слова: оптимизация, методы оптимизации, задача линейного программирования, задача распределения ресурсов, симплекс-метод, теория принятия решений, теория игр, ЧС, МЧС, РСЧС.

Для всех без исключения муниципальных образований и субъектов Российской Федерации является актуальным вопрос выбора оптимального распределения финансовых средств между различными статьями расходов, относящимися к вопросам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Финансирование мероприятий всегда осуществляется в строго ограниченных объемах, при этом муниципальные образования и субъекты Российской Федерации часто распоряжаются финансовыми средствами без применения научно-методического аппарата обоснования. Это может повлечь за собой принятие управленческих решений, которые не являются оптимальными (рациональными) и обоснованными с научной точки зрения. Следовательно, может сложиться проблемная ситуация, при которой действительно важные мероприятия могут быть не обеспечены финансированием, техническим обеспечением, специалистами или другими необходимыми ресурсами.

Во многих областях принятию рационального управленческого решения способствует применение научно-методического аппарата, разработанного для решения задач линейного программирования. В данной статье подробнее остановимся на анализе алгоритмов решения классической научной задачи распределения

ресурсов. Предполагается, что данные алгоритмы будут также применимы для распределения ресурсов при организации комплекса мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Линейное программирование – это совокупность методов выбора наилучших вариантов решения из множества возможных. В задачах линейного программирования в виде математической модели представляются процессы распределения ресурсов на различные виды мероприятий, характеризующиеся значительным количеством влияющих факторов. Аналогичная ситуация прослеживается с мероприятиями, проводимыми муниципальными образованиями и субъектами Российской Федерации в области защиты населения и территорий, в условиях многочисленных характерных рисков.

Линейные уравнения или неравенства, входящие в математическую модель, называются ограничениями. Математическая модель, описывающая некий реальный процесс, обязательно опирается на количественные (числовые) показатели, которыми характеризуется исследуемый процесс. Эти показатели называются переменными (неизвестными) и обозначаются x_j . Переменных может быть несколько, тогда их можно обозначить $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$. Номер ограничения обозначается символом j . Все переменные в модели связаны между собой определенным образом и могут быть записаны в формализованном виде, например: $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 < 450$ [1].

Величина, стоящая в правой части уравнения (неравенства), называется свободным членом и обозначается через символы A, B, C и т.д. (соответствует количественному ограничению на использование конкретного ресурса по условиям задачи). Тогда запись ограничений в формализованном виде следующая:

$$\sum x_j < B, \text{ где } j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Ограничение может быть представлено как уравнением, так и неравенством, например: $11x_1 + 2x_2 - 18x_3 + 9x_4 = 145$ или $5x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 2x_4 > 320$. При переменных могут стоять числа 10, 4, 27, ... и др., которые называются коэффициентами при переменных a_j . Знак, связывающий правую и левую часть выражения, соответствует типу ограничения: ограничение сверху – знак «<»; снизу – знак «>»; или равно – знак «=». В формализованном виде ограничение записывается в следующем виде:

$$\sum a_j x_j \leq B, \text{ где } j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Несколько ограничений (когда одновременно используются различные ресурсы) образуют систему уравнений:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 450; \\ 5x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 2x_4 > 320; \\ 11x_1 + 2x_2 - 18x_3 + 9x_4 < 145; \\ 24x_1 + 3x_3 - 12x_4 < 94. \end{cases} \quad (3)$$

Количество ограничений в математической модели может быть различным: 3, 4, 5, ... m . Запись ограничений в формализованном виде будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2; \\ \dots; \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m. \end{cases} \quad (4)$$

Введем обозначение номера ограничения символом i , количество которых изменяется от 1 до m . В формализованном виде система ограничений теперь записывается в следующем виде:

$$\sum \sum a_{ji}x_j \leq B_i, \text{ где } j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

В дальнейшем, решение системы уравнений позволяет найти наилучшие значения переменных x_j , исходя из заданной цели. Целеполагание в математике принято сводить к решению задачи поиска экстремума функции (\max или \min), которая качественно характеризует цель принятия управленческого решения. В математическую модель включается некоторая математическая функция F от многих переменных («целевая функция»), которая имеет следующий вид: $F = 34x_1 + 27x_2 + 51x_3 + 12x_4 \rightarrow \max$ (\min). Коэффициенты при переменных x_j в целевой функции F называются «оценками» и обозначаются как c_j , их количество соответствует количеству переменных, следовательно, j изменяется от 1 до n . В формализованном виде целевая функция записывается в следующем виде [2]:

$$F = \sum c_j x_j \rightarrow \max \quad (6)$$

С точки зрения выполнения комплекса мероприятий понятие «оценка» интерпретируется в качестве некоторого коэффициента, характеризующего важность конкретного мероприятия, т.е. вклад выполнения этого мероприятия в показатель целевой функции. Назначение данных коэффициентов в целевой функции может производиться на основании метода экспертных оценок.

Рассмотрим один из методов решения задачи линейного программирования – это симплекс-метод. Алгоритм реализации симплекс-метода базируется на последовательном улучшении некоторого первоначального плана (выбора), при этом за конечное число циклически повторяющихся вычислений в симплексных таблицах формируется оптимальное решение. После каждой итерации значение переменных и целевой функции изменяется (улучшается). Циклический процесс повторяется, пока в результате вычислений не будет получен оптимальный план. С развитием компьютерной техники применение симплекс-метода стало еще более востребовано за счет использования разнообразных программных пакетов, в том числе Microsoft Excel.

В качестве примера составления математической модели с использованием электронных таблиц Microsoft Excel, рассмотрим моделирование финансовой задачи, в которой целевой функцией выступает доход от реализации некоторых

изделий. В соответствии с условиями задачи для производства единицы изделия требуется определенный набор ресурсов. Целевая функция (доход) в данной задаче стремится к максимуму. Выбор оптимального распределения ресурсов производится симплекс-методом на основе подключаемой программной надстройки Microsoft Excel «Поиск решения» (Рисунок 1).

	Изделие А	Изделие Б	Изделие В	Совокупный доход, у.е.
Цена за единицу, у.е.	560	280	430	
Объем реализации, ед.	136	213	198	220940

Нормы расхода ресурса на производство единицы изделия, ед:	Изделие А	Изделие Б	Изделие В	Имеющийся запас ресурса, ед.
Ресурс 1	120	46	98	52000
Ресурс 2	85	110	0	35000
Ресурс 3	155	0	75	36000
Ресурс 4	12	26	18	18000
Ресурс 5	38	66	150	49000

Израченовано ресурсов на выпуск продукции, ед			Имеющиеся запасы ресурсов, ед.
Ресурс 1	45522	<=	52000
Ресурс 2	34990	<=	35000
Ресурс 3	35930	<=	36000
Ресурс 4	10734	<=	18000
Ресурс 5	48926	<=	49000

Рис. 1. Математическая модель в задаче распределения ресурсов

Данная математическая модель может быть адаптирована под решение задач, связанных с выбором оптимального варианта распределения ресурсов при проведении мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. В этом классе задач, как правило, учитываются три основных вида ресурсов: материальные, технические и финансовые. По аналогии с изготовлением изделия в финансовой задаче, проведение мероприятий по защите населения и территорий также требует определенного набора и количества ресурсов, при этом существуют строгие ограничения на их использование.

Результаты проведенного анализа позволяют сделать вывод, что аналогичные математические модели могут использоваться для решения симплекс-методом достаточно широкого класса практических задач в области обеспечения безопасности. В ходе информационно-библиографического анализа предметной области были выделены ряд похожих российских исследований, в том числе исследования, проводимые Е.П. Булегеновым (ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России), который предложил методику обоснования рационального перечня и объема мероприятий по первоочередному жизнеобеспечению эвакуированного населения [3].

Методы оптимизации изучаются, применяются и совершенствуются в рамках теории принятия решений и теории игр. Например, методы решения рассмотренной задачи распределения ресурсов также входят в содержание курсов по теории игр.

Теория принятия решений представляет собой комплексную дисциплину, направленную на изучение научных методов и средств, позволяющих одному или нескольким лицам делать обоснованный выбор наилучшего из имеющихся вариантов. Принятие управленческих решений в профессиональной деятельности представляет собой особый вид деятельности, что также сводится к необходимости обоснования выбора наилучшего варианта из всех возможных. Необходимость научного обоснования выбора присутствует во всех сферах деятельности. Обоснованный выбор особенно характерен в области управления организационными и техническими системами, где существуют значительные риски, связанные с принятием не верных решений. Теория принятия решений хорошо применима при анализе и решении сложных неоднозначных научно-технических проблем. В том числе проблем, связанных с организацией, планированием и проведением мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Теория игр – это наука, изучающая принципы принятия решений в ситуациях, где несколько агентов взаимодействуют между собой. Решения, принимаемые кем-то одним, влияют на решения остальных и на исход взаимодействия в целом. Взаимодействия такого типа называются стратегическими. Само понятие «игра» трактуется здесь в качестве некоторой ситуации стратегического взаимодействия (обстановки), которая, безусловно, тоже может быть описана в виде математической модели для дальнейшего анализа. В теории игр рассматривается также раздел «игры с природой», т.е. с некоторой неопределенностью, что характерно именно для чрезвычайных ситуаций, и, соответственно, представляет интерес в исследованиях по совершенствованию систем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Следует отметить, что в теории игр активно используются научные методы и положения теории вероятностей.

Теоретико-игровое моделирование осуществляется в два этапа. На первом этапе реальный процесс представляется в виде формализованной модели. Модель отражает три основных позиции: кто взаимодействует друг с другом (игроки), какие решения могут принимать игроки и какую выгоду они получают в результате взаимодействия (выигрыш). Сама математическая модель тоже называется «игрой» или «платежной квитанцией». Построение игры в формализованном виде позволяет, в дальнейшем, подобрать адекватные методы ее решения. На втором этапе изучается формализованная математическая модель. Решение игры подразумевает определение оптимальной концепции поведения игроков в игре (стратегии игроков).

Проведенный анализ применимости научных теорий показывает, что разделы теории игр и теории принятия решений представляют большой интерес для дальнейших исследований в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Обозначим ряд направлений, по которым в перспективе могут разрабатываться методики обоснования оптимального выбора стратегий,

направленных на развитие систем, определение рационального перечня и объемов мероприятий или выбора рациональных параметров. К обозначенным направлениям предлагается относить следующие три наиболее укрупненные группы: совершенствование деятельности органов управления; обоснование выбора рациональных параметров систем мониторинга; повышение готовности муниципальных образований в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени.

Список используемых источников

1. Леонова Н.Л. Задачи линейного программирования и методы их решения. Учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriklmatiif/15.pdf> (Дата обращения 15.10.2020).
2. Желясков А.Л. Методы линейного программирования при выполнении земельно-кадастровых работ. Учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docplayer.ru/26801043-Metody-lineynogo-programmirovaniya-pri-vypolnenii-zemelno-kadastrovyh-rabot.html> (Дата обращения 15.10.2020).
3. Булегенов Е.П., Мазаник А.И., Смирнов Б.П., Кузьмин А.И. Определение рационального комплекса мероприятий по обеспечению жизнедеятельности эвакуированного населения [Текст] // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2019. – №1 (40). – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России. – С. 25-32.

Разработка трехмерной модели развития событий аварии на Чернобыльской АЭС

*Маркарян Артур Артурович
Бояринова Светлана Петровна*

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. В статье проведен анализ событий катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 году. На основании анализа определены этапы разработки интерактивной трехмерной сцены, включающей визуализацию всех происходящих опасных процессов (аварийная работа реактора, парообразование, взрыв, пожар, разрушение зданий и элементов конструкций), связанных с развитием этой крупнейшей в мире радиационной аварии, и проведения аварийно-спасательных работ. Представлены трехмерные модели производственных зданий Чернобыльской атомной электростанции и реактора РБМК-1000.

Ключевые слова: радиация, безопасность, Чернобыльская АЭС, трехмерное моделирование, трехмерная модель, 3D.

Строительство Чернобыльской атомной электростанции имени В.И. Ленина (далее – ЧАЭС) началось в 1970 г. Примерно тогда же началось строительство города Припять, который был возведен в 3 км от ЧАЭС. Численность населения города Припять на момент аварии составляла 47,5 тысяч человек. Город Чернобыль, расположенный в 12 км, также стал известен после аварии на ЧАЭС, до аварии в городе проживало около 13 тысяч человек. Города Чернобыль и Припять отнесены к городам «без населения», постоянное население там отсутствует в связи с высоким уровнем радиации.

ЧАЭС должна была стать одной из крупнейших атомных электростанций в мире (с 12 реакторами, каждый мощностью 1 000 МВт). На момент аварии эксплуатировались 4 реактора и еще 2 строились, 26 апреля 1986 г. в 1:24 по местному времени в результате взрыва 4-го энергоблока произошла крупнейшая авария за всю историю мировой атомной энергетики, около 180 т радиоактивного топлива было выброшено в окружающую среду.

Все произошедшее является сложной последовательностью событий, которая без наличия специальных знаний будет не совсем понятна. Это является одним из основных мотивов создания трехмерной модели развития событий аварии на ЧАЭС, которую можно будет использовать в системе подготовки населения и специалистов, что позволит сформировать у обучающихся более углубленные знания о причинах и ходе развития данной катастрофы [1].

Трехмерный проект, направленный на повышение знаний населения и специалистов, заключается в создании подробной интерактивной трехмерной

модели с применением среды разработки 3Ds Max Autodesk. Данное программное обеспечение было выбрано из-за большого количества инструментов и возможности достичь высокой детализации модели (рис. 1).

Степень детализации и функциональность разработанной модели объекта позволяет использовать ее в качестве трехмерного образовательного комплекса для совершенствования знаний в области радиационной безопасности.



Рис. 1. Используемые функции среды разработки трехмерных моделей

При разработке проекта в среде Autodesk 3Ds Max планируется использовать следующие инструменты для моделирования:

- Полигональное моделирование. Самый распространенный вид 3D-моделирования, встречающийся во многих пакетах трехмерной графики. Может использоваться для разработки моделей различной сложности.
- Примитивы. Autodesk 3Ds Max содержит встроенную библиотеку стандартных объектов, так называемых примитивов. Во многих случаях создание моделей начинается именно с них, ведь к таким примитивам применимы разнообразные модификаторы.
- Сплайны. Также один из базовых способов моделирования. Заключается в построении каркаса изделия из трехмерных кривых (сплайнов). На его основе генерируется 3D-объект.
- NURBS-кривые. NURBS, или неоднородный рациональный B-сплайн, представляет собой особую технологию разработки 3D-моделей. Идеальный вариант для моделирования органики и объектов, имеющих гладкую поверхность.
- Поверхности Безье. Особый способ 3D-моделирования на основе кривых Безье. Зачастую применяется к отдельным частям 3D-модели, для которых создается сеть многочисленных контрольных точек. При перемещении контрольных точек, поверхность можно изменять в любом направлении.

Этапы создания трехмерного проекта представлены на рис. 2.



Рис. 2. Этапы моделирования аварии на ЧАЭС

Среда разработки Autodesk 3Ds Max предоставляет множество инструментов для визуализации, которые позволяют выбирать детализированные настройки солнечного света и искусственного освещения, использовать различные материалы и эффекты. Материалы являются отдельным большим разделом в 3Ds Max, в разделе Material Editor к моделям применяются фотореалистичные материалы. В числе инструментов визуализации применяются такие модули, как Arnold, V-Ray, Mental Ray, RenderMan, FinalRender, Luxrender и многие другие.

На втором этапе осуществляется анализ хронологии событий аварии на ЧАЭС, поиск фотографий и других данных.

На третьем этапе производится моделирование трехмерной сцены. Создание зданий, строений и объектов осуществляется путем использования примитивов типа «ВОХ» (рис. 3). Создание конструктивной формы здания осуществляется путем увеличения количества ребер примитива (рис. 4). Применение на объекте модификатора Editable Poly показано на рис. 5.

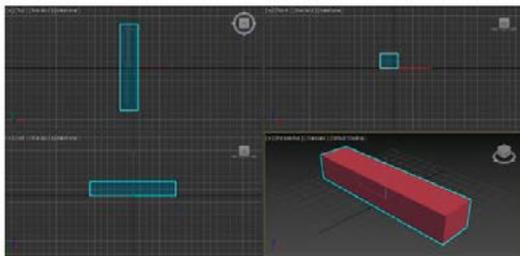


Рис. 3. Создание примитива «ВОХ»

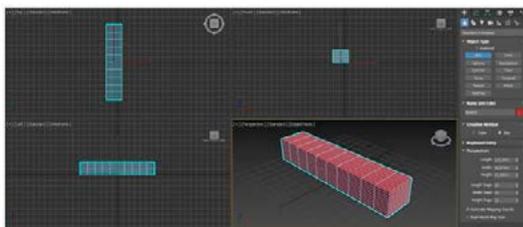


Рис. 4. Увеличение количества ребер объекта

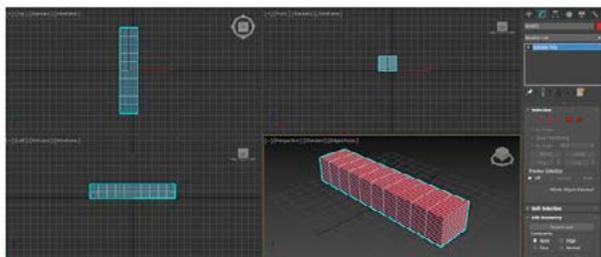


Рис. 5. Применение модификатора Editable Poly

Применение модификатора Editable Poly позволяет разработать модель здания ЧАЭС. При этом главным инструментом при создании объекта является функция Extrude (рис. 6).

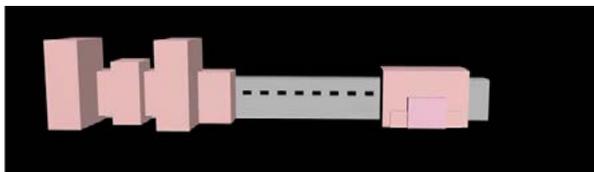


Рис. 6. Моделирование здания

Для применения материала используются инструменты в разделе Material Editor, где модель дополняется реалистичными окрасками, имитирующими бетон, железо, стекло и другие. Модель правого крыла главного корпуса ЧАЭС представлена на рис. 7.



Рис. 7. Трёхмерная модель главного корпуса ЧАЭС

Разработанная трехмерная модель приведена в сравнении с фотографией, взятой из открытых источников (рис. 8).



Рис. 8. Трехмерная модель в сравнении с реальным фото

На ЧАЭС использовались 4 реактора типа РБМК-1000, каждый из которых был размещен внутри бетонной шахты. Вокруг активной зоны размещен кольцевой бак с водой (рис. 9, поз. 1). Активная зона реактора представляет собой цилиндр из графитовой кладки, играющей роль замедлителя нейтронов (см. рис. 9, поз. 2). Кладка пронизана вертикальными технологическими каналами, в которых располагаются тепловыделяющие сборки, состоящие из циркониевых трубок из содержащие топливо. В каналах расположены стержни регулирования, состоящие из карбида бора, с помощью которых регулируется мощность реактора. В случае их извлечения мощность реактора возрастает, при введении их в активную зону мощность реактора снижается. Боровые стержни можно выставить так, что реактор будет постоянно работать на одном уровне мощности. Это зависит от множества факторов: температуры и плотности теплоносителя, температуры замедлителя и состава топлива [2].



Рис. 9. Трехмерная модель реактора РБМК-1000

Вода, проходя через каналы, нагревается до 284 °С и частично испаряется. Эта пароводяная смесь поступает в барабаны-сепараторы (см. рис. 9, поз. 3), где пар отделяется от воды, насыщается и под давлением направляется в турбогенераторы, вырабатывающие электроэнергию. Затем пар охлаждается, конденсируется и с помощью циркуляционных насосов повторно направляется в активную зону.

Мнения ученых о причинах аварии на ЧАЭС до сих пор разнятся. Известно, что 25.04.1986 г. была запланирована остановка 4-ого энергоблока для проведения плановых ремонтных работ. Во время остановки было принято решение провести

испытание режима «выбега ротора турбогенератора», в ходе которого проверяется возможность использования запасенной кинетической энергии вращающейся турбины для обеспечения электроэнергией питательных и циркуляционных насосов на случай обесточивания станции.

Однако этот режим еще не был отработан до конца и эти испытания были уже четвертыми по счету. Подготовительные работы к ним начались в ночь с 24-25.04.1986 г., тепловая мощность была снижена с 3 200 МВт до 1 600 МВт. Испытания должны были пройти днем при мощности реактора 700-1 000 МВт, но диспетчер КиевЭнерго запретил снижать ее, так как на Южно-Украинской АЭС произошёл сбой и нужно было компенсировать потерю энергоснабжения.

В 14:00 25.04.1986 г. в соответствии с программой испытаний была отключена система аварийной защиты охлаждения реактора. В 23:10 диспетчерам дается разрешение на снижение мощности. Отметка в 700 МВт была достигнута в 00:05 26.04.1986 г., но по не установленной на тот момент причине падение мощности продолжилось и к 00:30 мощность достигла 500 МВт.

Во время переключения на авторегулирующийся режим мощность реактора снизилась до 30 МВт. При этом начался процесс ксенонового отравления реактора, что грозит попаданием в йодную яму, если мощность упадет настолько, что реактор заглохнет и его невозможно будет запустить снова в течение суток, пока образовавшийся радиоизотоп ксенона-135, поглощающий нейтроны, не распадется полностью (рис. 10).

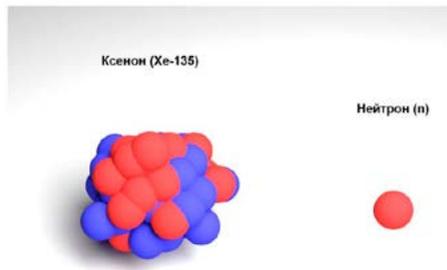


Рис. 10. Процесс поглощения нейтрона радиоизотопом ксенона-135

При такой низкой мощности реактор находился в нестабильном состоянии и его следовало заглушить, но персонал продолжал испытания в соответствии с планом. В 01:00 26.04.1986 г., после вывода из активной зоны практически всех стержней из реактора, мощность была доведена до 200 МВт. В это же время было задействовано ещё 2 дополнительных циркуляционных насоса, чтобы увеличить охлаждение реактора на время проведения эксперимента. В 01:20 была отключена защита на случай снижения давления воды и пара в барабанных сепараторах, а из активной зоны были выведены последние стержни.

Примерно в это же время была отключена защита на случай прекращения подачи пара к турбогенератору. В 01:23 клапан подачи пара в турбогенератор

был перекрыт, а турбина продолжала вращаться только за счет своей инерции. Из-за уменьшения электропитания циркуляционные насосы начали вращаться медленнее, охлаждение реактора резко уменьшилось, что вызвало процесс образования большого количества пара. В этот момент на станции появились гидроудары, вибрации и сильный гул. Только после этого персонал, осознав опасность, попытался остановить реактор нажатием аварийной кнопки «АЗ-5». При этом регулирующие стержни начали опускаться в активную зону.

Персонал ЧАЭС не знал о конструктивной особенности реактора РБМК-1000, которая и привела к радиационной аварии. Нижняя часть регулирующих стержней выполнена из графита (рис. 11). Когда графит начал входить в активную зону и вытеснять находящуюся там воду, возник концевой эффект и вместо снижения мощности произошло ее кратковременное повышение. В этот момент начался кратковременный разгон реактора, в результате чего каналы начали плавиться и разрушаться. Образовавшийся пар начал поступать в активную зону и его давление не давало стержням опускаться. В результате произошел сильный взрыв, такой, что бетонная плита реактора весом 2 000 т была отброшена.



Рис. 11. Схема расположения регулирующих стержней

Два последовательных взрыва разрушили реактор и реакторный зал, около 180 т ядерного топлива выбросилось в окружающую среду. Возникли многочисленные очаги пожаров, в том числе на кровле примыкающего к реактору здания.



Рис. 12. Ликвидаторы аварии на ЧАЭС

Конструктивные недостатки реактора РБМК-1000 и не правильные действия оперативного персонала привели к одной из самых крупных катастроф XX века [3]. Для ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в общей сложности было привлечено более 600 тысяч человек (рис. 12).

Чтобы выполнить моделирование всех описанных опасных процессов потребуются дополнительные инструменты и специализированные методы моделирования. Проведем анализ существующих методов для моделирования дыма, огня, взрывов, разрушений и других процессов.

Для моделирования дыма предлагается использовать инструмент Particle system (система частиц), он позволяет создать дисперсную систему частиц, из которых состоит дым. Инструмент Super Spray позволяет создать физическую модель распространения дыма. После настройки модели с использованием материала и параметров физических свойств частиц получаем следующий результат (рис. 13).

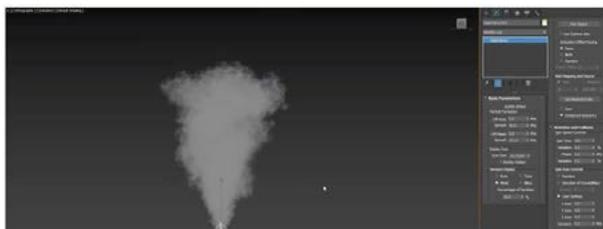


Рис. 13. Моделирование дыма

Моделирование огня может быть реализовано с использованием соответствующих текстур (рис. 14).



Рис. 14. Моделирование огня

Моделирование потока (струи) воды для визуализации процессов тушения пожаров производится с применением инструмента Particle System, путем создания и настройки системы частиц. Параметр Use Rate позволяет настроить размер и количество частиц, выходящих из пожарного ствола. С помощью инструмента Material Editor частицам присваивается соответствующий материал, имитирующий воду, с учетом ее цвета и прозрачности (рис. 15).

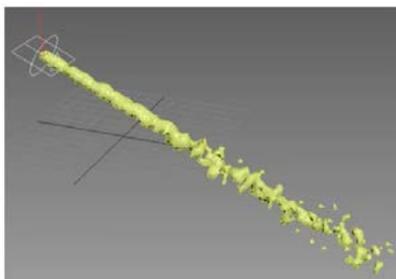


Рис. 15. Моделирование водной струи

Моделирование взрыва производится с использованием инструментов Geometric/Deformable и Bomb. Реализация метода включает проведение настройки параметров хаотичности разброса элементов взрыва и действия гравитации (рис. 16).

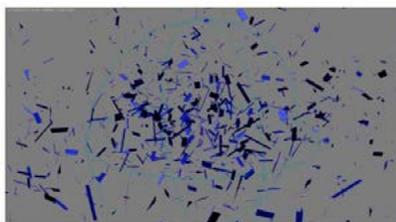


Рис 16. Моделирование взрыва

На третьем этапе выполнения проекта планируется завершить моделирование всех опасных процессов, обусловленных развитием аварии на ЧАЭС, и проводимых в последующем аварийно-спасательных работ.

Список используемых источников

1. Рекомендации МЧС России от 25.02.2019 г. № 2-4-60-3-28 по созданию трёхмерных киноизображений (моделей) территорий и объектов жизнеобеспечения, потенциально-опасных, критически важных для национальной безопасности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.integra-s.com/media/files/instr-3D.pdf> (Дата обращения 15.10.2020).
2. История Чернобыля. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.chernobylweL.com/ru/istorija-cernobylja> (Дата обращения 15.10.2020).
3. Авария на Чернобыльской АЭС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=3X3BKhn2S64&t=520s&ab_channel=RadiationHazard (Дата обращения 15.10.2020).

Имитационная модель процесса реагирования при возникновении чрезвычайных ситуаций на железной дороге

Сисина Ольга Андреевна¹

Научный руководитель: Сирина Нина Фридриховна²

доктор технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России»

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»

Аннотация. Железная дорога, на долу которой приходится достаточно высокие объемы перевозок, в том числе и опасных грузов, относится к объектам с повышенным риском возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Величина ущерба от ЧС зависит от времени реагирования на нее.

В работе рассматривается вопрос разработки имитационной модели процесса реагирования на возникшую на железной дороге ЧС. Разрабатываемая модель отражает процессы происходящие при передачи информации о ЧС и ее характеристика между структурами железной дороги, их взаимодействия с экстренными оперативными службами в границах реагирования которых произошла ЧС (ЭОСТО), для оценки временных параметров реагирования. Временные параметры реагирования рассматриваются в работе как коэффициенты эффективности оперативного реагирования на различные по масштабам ЧС. От эффективности оперативного реагирования напрямую зависят последствия от возникшей ЧС.

Ключевые слова: имитационная модель, реагирование, чрезвычайная ситуация, железная дорога, Система-112, ущерб

Процесс реагирования на возникшую в границах железной дороги чрезвычайную ситуацию (ЧС) включает в себя следующие основные, разнесенные во времени, этапы:

- определения причины и места происшествия;
- передачи сведений о ЧС и ее характеристиках должностным лицам из числа сотрудников железной дороги и далее до должностных лиц структурных подразделений железной дороги и иных структур экстренных оперативных служб в границах реагирования которых произошла ЧС (ЭОСТО), требуемых к информированию и/или привлечению в зависимости от масштаба происшествия;
- сбора, прибытия, ликвидации ЧС и ликвидации последствий.

Время реагирования на возникшую ЧС, определяет масштабы последствий от нее. Увеличение времени реагирования приводит к увеличению ущерба от ЧС.

Одним из возможных вариантов уменьшения времени реагирования, является совершенствование системы передачи информации о ЧС до должностных лиц и структурных подразделений железной дороги.

Величина временных задержек, в этом случае, зависит от принятой на железной дороге системы передачи информации и порядка реагирования, утвержденного в нормативно-распорядительных документах. Подробный анализ организационной структуры процесса реагирования при возникновении ЧС во время перевозочного процесса на железной дороге представлен в работе [1].

Для оценки временных параметров передачи информации о ЧС и ее характеристиках, разработана алгоритмическая модель, в основу которой заложены результаты натурного наблюдения и статистического анализа данных процессов происходящих при реагировании [2].

Для проведения численных экспериментов на полученной модели процесса реагирования в случае возникновения ЧС при организации перевозочного процесса на железной дороге, в пакете прикладных программ Matlab/Simevents, разработана имитационная модель (рис.1).

Имитационная модель состоит из функциональных подсистем, имитирующих работу по формированию сообщений о ЧС и обработке поступившей о ней информации должностными лицами в цепи реагирования. Взаимосвязь между функциональными подсистемами выстроена в соответствии с регламентами, утверждёнными в нормативно-распорядительных документах ОАО «РЖД» [1].

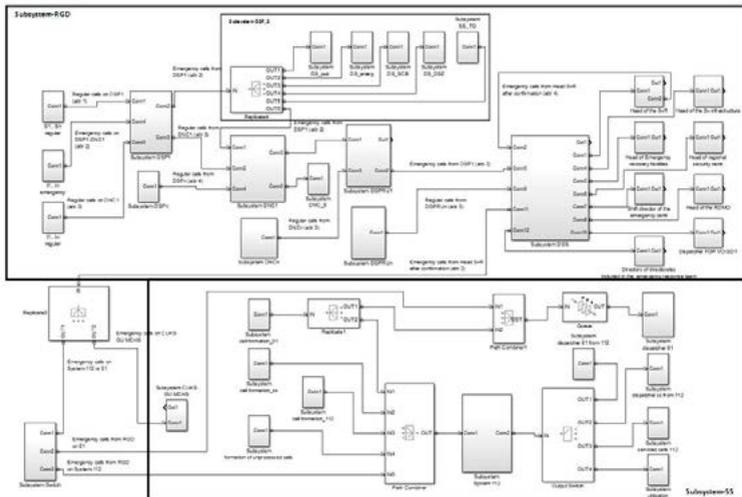


Рис. 1. Имитационная модель процесса реагирования при возникновении ЧС на железной дороге

Совокупность подсистем System – RGD имитирует процесс реагирования должностных лиц структурных подразделений железной дороги.

Совокупность *System – SS* имитирует работу экстренных оперативных служб и единых дежурно-диспетчерских служб (ЕДДС) Системы-112 в границах реагирования которых и произошло ЧС.

В *System – SS* учтены закономерности изменения интенсивности входного потока сообщений от источников помимо железной дороги.

На рис.2 представлена подсистема формирующая сообщения о возникновении ЧС в границах железной дороги.

В функциональном блоке *Queue attribute* происходит присвоение атрибутов времени, необходимых для создания очереди сообщений, разнесенных во времени, в *Importance attribute* – присвоение атрибутов важности, в *Attribute on DNC1* – атрибутов назначения. Задаваемые атрибуты определяют приоритет обслуживания сообщений.

Функциональный блок *Call count subsystem* отвечает за формирование требуемого количества сообщений.

На рис.3 представлена подсистема, имитирующая работу должностных лиц структурных подразделений железной дороги, ДДС ЭОСТО и ЕДДС/ЦОВ Системы–112, ответственных за обработку и дальнейшую передачу информации о ЧС и ее характеристиках.

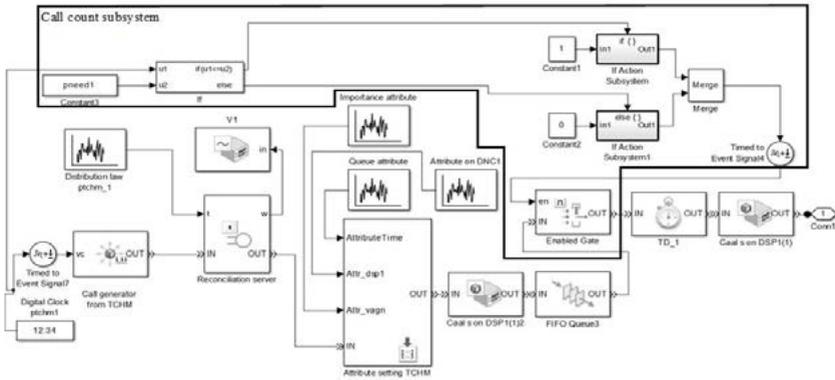


Рис. 2. Подсистема формирования сообщений о ЧС в границах железной дороги

После поступления на вход подсистемы, сообщение проходит ряд этапов обслуживания, характеризующиеся временными задержками. Функциональный блок *Waiting in queue* создает временные задержки связанные с ожиданием в очереди на обслуживание, *Listening to transmitted information* – задержки связанные с прослушиванием передаваемой информации, *Record information* – задержки связанные с записью (регистрацией) полученной информации в журнал регистрации соответствующих сведений (в том числе заполнение карт для ЕДДС/ЦОВ Системы – 112), *Decision time* – задержки связанные с принятием решения о необходимости дальнейшей передачи полученных сведений.

При поступлении на вход подсистемы одновременно нескольких сообщений, в первоочередном порядке обслуживается сообщение с наивысшим приоритетом. Необслуженное сообщение сбросится через порт Р функционального блока определяющего задержки обслуживания, и подастся вновь на обслуживание через коммутационную систему Path Combiner DSP.

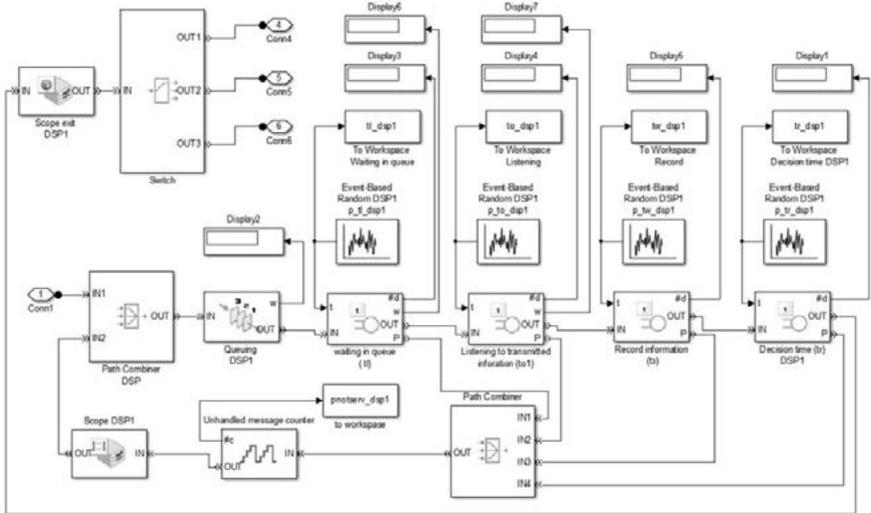


Рис. 3. Подсистема, имитирующая работу должностных лиц ответственных за обработку сообщения о ЧС

Архитектура подсистем формирования потока сообщений, на ЕДДС или центры обслуживания вызова (ЦОВ) в случае отказа в обслуживании на ЕДДС, Системы-112 и дежурно-диспетчерские службы (ДДС) ЭОСТО, представлена на рис.4.

Подсистема функциональных блоков 1 представленная на рис.4, отвечает за создание потока сообщений в течение суток с заданным распределением и позволяет формировать часы пиковых нагрузок для ЭОСТО, а также ЕДДС/ЦОВ Системы-112. Подсистема функциональных блоков 2 – формирует последовательность сообщений во времени, создаваемую подсистемой блоков 1. На выходе подсистемы функциональных блоков 3 формируется поток сообщений в соответствии с заданным законом распределения. В подсистеме блоков 4 происходит присвоение атрибутов времени и атрибутов, определяющих службу, на которую в дальнейшем пойдет сформированное сообщение.

На выходе подсистемы, формирующей поток сообщений на различные ЭОСТО, а также ЕДДС/ЦОВ Системы-112, изображенной на рис.4, сформируется поток сообщений представленный на рис.5.

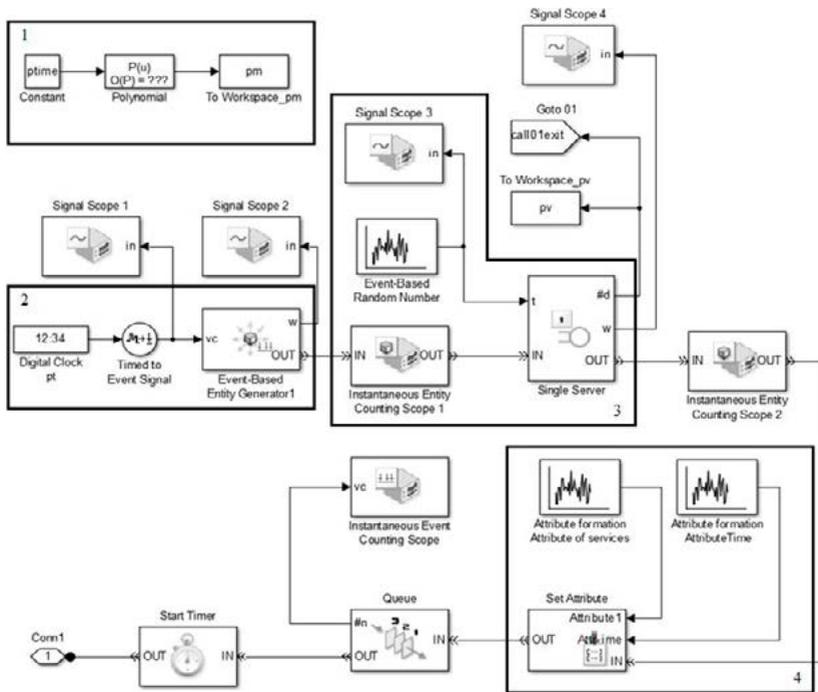


Рис. 4. Подсистема формирования потока сообщений на ЕДДС/ЦОВ и ДДС территориального образования



Рис. 5. Входной поток сообщений на на ЕДДС/ЦОВ Системы-112 и ДДС территориального образования

Выходной поток сообщений с ЕДДС/ЦОВ Системы-112, на том же временном интервале, что и входной поток, представлен на рис.6.

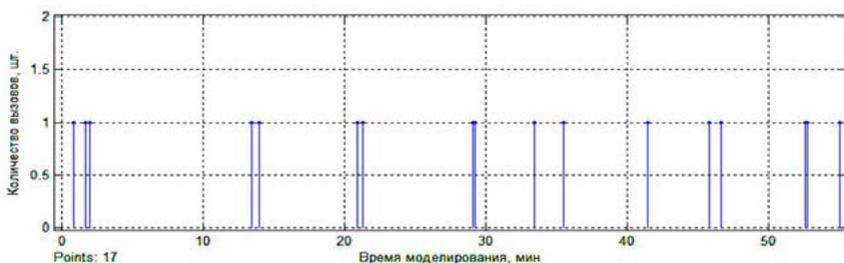


Рис. 6. Выходной поток сообщений с ЕДДС/ЦОВ Системы-112

Поскольку поступившее сообщение и время его обслуживания могут выйти за моделируемый временной участок, то в этом случае сообщение считается необслуженным и не фигурирует в выходном потоке. Чтобы избежать потери сообщения предусмотрено повторное введение сообщения в следующий шаг моделирования.

Модульное представление системы реагирования в виде функциональных подсистем, позволяет варьировать архитектуру модели рассматриваемого процесса в зависимости от известных и исследованных параметров, а также глубины и целей исследования.

Разработанная имитационная модель процесса реагирования при возникновении ЧС в границах железной дороги, позволяет воспроизводить процесс и определять требуемые временные величины при различных комбинациях определяющих ее работу параметров и прогнозировать возможные задержки в реагировании связанные с особенностями организационной и технической составляющей рассматриваемой структуры. Таким образом исследуя структуру информационного реагирования, можно разработать и предложить ряд организационных и технических мероприятий, совершенствующих рассматриваемый процесс, с точки зрения временных потерь и тем самым минимизировать последствия от возникшей ЧС.

Список использованных источников

1. Сирина Н.Ф., Сисина О.А. Моделирование информационного обмена для случая возникших нештатных и чрезвычайных ситуаций во время перевозочного процесса на железнодорожном транспорте // Вестник УрГУПС. 2020. №1 (45). С. 82–93. ISSN 2079-0392.
2. Сирина Н.Ф., Сисина О.А. Имитационное моделирование информационного обмена для случая возникших чрезвычайных ситуаций во время перевозочного процесса на железнодорожном транспорте // Транспорт Урала. 2020. №1 (64). С. 15–22. DOI: 10.20291/1815-9400-2020-1-15-22. ISSN 1815-9400.

Требования к разработке технических средств для проведения аварийно-спасательных работ

Лункин Никита Александрович

Багажков Игорь Владимирович

кандидат химических наук

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. в статье сделан обзор технических средств, используемых спасателями при проведении аварийно-спасательных работ. Проанализирован уровень обеспеченности поисково-спасательных служб АСС.

Ключевые слова: аварийно-спасательные работы, чрезвычайные ситуации, технические средства, технологическая документация, спасательное оборудование

Каждому участнику спасательных действий, проводящему аварийно-спасательные работы (АСР) или поисково-спасательные работы (ПСП), необходимы специальные средства. У любого спасателя обязательно должны быть навыки использования данных средств и знания особенностей проводимых работ.

В широком доступе имеется достаточное количество публикаций, касаемо чрезвычайных ситуаций (ЧС) разного характера, чего нельзя сказать о статьях, в которых бы шла речь непосредственно о технологиях выполнения АСР и средствах, которые должны применяться при этом. Тем самым обосновывается актуальность данной статьи, в которой будет изучен вопрос в части разработки специальных средств, которые используют спасатели во время АСР, а также классификация этих средств.

Для АСР на любой местности применяются технические средства разных видов и классов. Каждое такое средство должно быть максимально надежным и производительным, обладать высокой мобильностью и качеством, чтобы помочь в выполнении любых задач спасателями в ходе АСР. Аварийно-спасательные средства (АСС) должны быть такими, чтобы их можно было использовать в любое время года и при любой погоде [1]. Они должны обеспечивать непрерывность, своевременность, высокую скорость и эффективность работы спасателя.

В настоящее время при ведении АСР по большей степени используются технические средства для:

1. Разведывательных работ;
2. Транспортировки потерпевших, оборудования;
3. Обеспечения жизнеспособности;
4. Оповещения и поддержания связи;
5. Обеспечения инженерными коммуникациями;

6. Индивидуальной защиты спасателей;
7. Чтобы обеспечить качественное оснащение поисково-спасательных служб (ПСС) необходимыми средствами, используются следующие схемы;
8. Ведение разработки средств по задачам МЧС России;
9. Ведение разработки изделий на основании средств, которые уже запущены в серийное производство;
10. Использование изделий производства других организаций либо ведомств;
11. МЧС России в большинстве случаев совмещает данные схемы для лучшей оптимизации и продуктивности.

Все перечисленные средства необходимы для реализации конкретных задач в ходе АСР. Далее более детально следует остановиться на том, как разрабатываются новые технологии и изделия. Для их создания используются руководящая и справочная информация, знания и опыт специалистов, полученные непосредственно в ходе выполнения конкретных спасательных операций, а также навыки, полученные в ходе обучения или соревнований [2].

В каждом техническом задании заказчик перечисляет требования, которым должны соответствовать разрабатываемые средства. Различные инструкции, стандарты, положения, методики, как государственные, так и по отраслям – являются источниками руководящей информации. Источниками справочной информации являются проектные документы, планы объектов, справочники, каталоги и др. [1].

Технологическая документация для технических средств

Для разработки АСС обязательной является следующая технологическая документация:

1. Технологические карты описания самого процесса;
2. Регламенты;
3. Нормы труда;
4. Нормы материальные;
5. Методологические материалы по расчету сил, средств, критериев оценки и т.д.;
6. ГОСТы и ТУ;
7. Справочная информация;
8. Наставления;
9. Инструкции по технике безопасности;
10. Технологии ремонта и восстановления средств;
11. Описания самих средств и методик их использования.

Как правило, техническую документацию используют региональные ПСС МЧС РФ, войска и др. Именно на данных потребителей и должна быть направлена эта система. В ее составе должны содержаться эффективные механизмы, чтобы

службы правильно использовали техническую документацию (учет, прохождение, реализация, замена и др.).

При осуществлении деятельности на стадиях создания АСС:

1. Разрабатываются технические требования;
2. Разрабатываются технические задания;
3. Непосредственно создаются средства, в том числе с помощью МЧС России;
4. Созданные средства принимаются к использованию.

Когда реализуется этап 3 и 4, МЧС России разрабатывает методики и программы испытаний, обобщает результаты, которые получены при проведении испытаний, уточняет техническое задание и требования к документации, готовит организационную документацию, разрабатывает и вводит в действие инструкции, в которых прописаны условия эксплуатации средств и особенности ремонта.

Уровень обеспеченности поисково-спасательных служб АСС

На сегодняшний день службы, проводящие поисковые и спасательные работы, обеспечены средствами на 50-55%, но с каждым годом уровень обеспеченности растет, что является положительным моментом. Так, МЧС России за последние годы получило большое количество средств, в частности:

1. Комплекс, позволяющий десантировать плавающие средства с самолета ИЛ-76;
2. Оборудование для химического и радиационного контроля в море (мобильный вид);
3. Гидравлическое АСС «Гидродин»;
4. Корзину подвешенного типа, оснащенной внешней подвеской, чтобы транспортировать пострадавших вертолетом Ми-8;
5. Поисковую систему, в основе которой радиолокационные ответчики, чтобы идентифицировать спасателей и пострадавших;
6. Радиолокацию для обнаружения пострадавших «Радар-01»;
7. Новые образцы защитной одежды;
8. Костюмы из полимеров, стойких к высоким температурам.

На сегодняшний день разрабатываются и испытываются новые средства, в частности:

1. Специальные устройства- контейнеры для погрузки и разгрузки, используемые при необходимости разбора завалов зданий и строений, когда нужно доставить требуемое оборудование и инструменты на место, где будут проводиться работы;
2. Тренажеры, на которых специалисты будут обучаться и проходить подготовку, чтобы выполнять работы, используя средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, а также кожных покровов. Это поможет выработать стойкие навыки, которые крайне необходимы для поиска пострадавших лиц, преодоления препятствий, работы в зонах с высокой

температуры и ограниченной видимости, при воздействии звука и света. Обучение на тренажерах поможет специалистам адаптироваться к средствам индивидуальной защиты во время АСР;

3. Средства для обучения работе с радиолокаторами в ходе выявления пострадавших лиц;
4. Новейшие многофункциональные беспилотные аппараты для разведывания районов ЧС на дистанционном управлении без участия пилота;
5. Улучшенные модели акустических устройств для поиска лиц, которые пострадали в ЧС [3].

В системе МЧС России была создана и активно применяется четкая система для того, чтобы ПСС имели необходимые изделия для выполнения своих прямых задач. Для этого используются специальные схемы разработок и поставок необходимых средств.

В настоящий момент подразделения оснащены всем необходимым лишь на половину, но с каждым годом ситуация нормализуется и процент обеспеченности новейшим многофункциональным оборудованием растет, что, в свою очередь отражается в увеличении скорости и качества проведения АСР.

Список использованных источников

1. Приказ МЧС России № 555 от 18.09.2012 г. «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
2. Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности».
3. Безбородько М.Д. Пожарная и аварийно-спасательная техника/ Под общ. ред. М. Д. Безбородько: - Учебник. - М. : Академия ГПС, 2011 г.

О расчете устойчивости гидротехнических сооружений (грунтовых плотин) в программном комплексе GeoStudio

Сибгатулина Дина Шамильевна¹

Рыбаков Анатолий Валерьевич²

доктор технических наук, профессор

Иванов Евгений Вячеславович²

кандидат технических наук

Алёшкин Георгий Сергеевич²

Аткин Антон Владимирович²

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

²ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России».

Аннотация. В статье на конкретном примере проведены расчеты устойчивости грунтовых плотин. Выводы полученные по результатам обработки проведенных экспериментов позволяют говорить о том, что разрушение гидротехнических сооружений, в частности из грунтовых материалов, является многогранным процессом, зависящим от множества факторов. При этом существующие подходы, оперирующие численными методами, дают достаточную точность, но недостаточно оперативны, что накладывает ограничения при формировании оперативных прогнозов чрезвычайных ситуаций, связанных с разрушением гидротехнических сооружений

Ключевые слова: *устойчивость, гидротехнические сооружения, грунтовые плотины, моделирование, численный эксперимент*

В настоящее время большая часть эксплуатируемых на территории Российской Федерации гидротехнических сооружений построена не менее чем 50 лет назад. Следует отметить, что значительная часть гидротехнических сооружений незадекларирована либо не имеет собственников [1].

В свою очередь гидротехнические сооружения в случае возникновения аварийной ситуации являются источниками потенциальной опасности. При этом под угрозой находятся население, материальные ценности, культурные ценности и окружающая природная среда. В настоящее время, в зоны возможного затопления (по результатам прогнозных расчетов по крупным водохранилищам) попадает свыше 300 населенных пунктов, прогнозируемая численность населения в указанных зонах оценивается в 1 млн. чел., а также находятся многочисленные объекты экономики [2], для малых водохранилищ в настоящее время в многочисленных

государственных докладах по линии МЧС, Ростехнадзора и Минприроды оценка возможных последствий от действия поражающих факторов не приводится.

Одной из наиболее частых причин разрушения гидротехнических сооружений является воздействие поражающих факторов чрезвычайных ситуаций (в частности, при возникновении опасных метеорологических явлений и процессов).

Большинство малых гидротехнических сооружений в настоящее время относится к грунтовым плотинам. Основное и существенное преимущество грунтовых плотин состоит в том, что для их возведения используется местный строительный материал - грунт. В связи с тем, что непосредственно материал для их возведения относительно легкодоступен фактически стоимость работ определяется только разработкой карьеров, транспортными издержками и непосредственно работами по возведению плотины. Грунтовые плотины, как правило возводятся в виде насыпи, имеющей поперечное сечение в виде трапеции из грунта (рисунок 1).

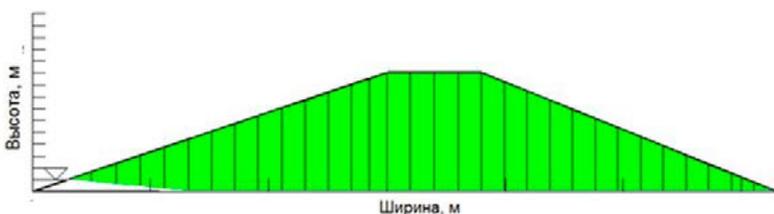


Рис. 1. Профиль грунтовой плотины

Рис. 1. Профиль грунтовой плотины

Оценка состояния гидротехнического сооружения осуществляется посредством программных комплексов, реализующих численные методы решения (в частности комплекс «GeoStudio»). Программный комплекс GeoStudio с использованием программного модуля SLOPE/W вычисляет коэффициент запаса устойчивости и строит критическую поверхность скольжения (призму обрушения) по следующим методикам: метод Бишопа; метод Джанбу; метод Спенсера; метод Моргенштерн-Прайса. Все методы предельного равновесия допускают, что массив грунта над поверхностью скольжения делится на блоки (разделяющие плоскости между блоками всегда вертикальны). Поверхность скольжения рассматривается круглоцилиндрической формы [3].

Для оценки воздействия на грунтовую плотину поражающих факторов чрезвычайных ситуаций (в рассматриваемом случае непосредственно действие вод) рассматривалась грунтовая плотина пруда у с. Ляки Сармановского муниципального района Республики Татарстан с характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики объекта воздействия

Тип:	земляная, насыпная
Ширина по гребню, м	8
Длина дамбы, м	700
Заложение откосов:	
Верхового	1:3,0
Низового	1:2,5
Геология	Суглинки и глины

Для проведения эксперимента имитировался подъем уровня воды с шагом 1 метр (рисунки 2-11) и оценивались значения показателя устойчивости, являющегося количественным показателем при оценке и прогнозе устойчивости склонов. Коэффициент устойчивости (коэффициент запаса устойчивости), представляет из себя отношение сумм удерживающих и сдвигающих сил (или отношение моментов тех же сил), действующих по поверхности предполагаемого смещения оползневого тела [4].



Рис. 2. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 1)



Рис. 3. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 2)

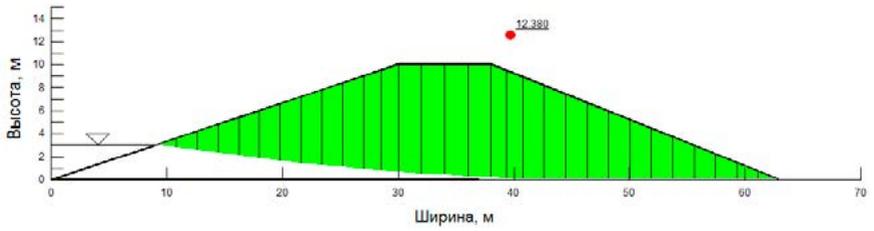


Рис. 4. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 3)

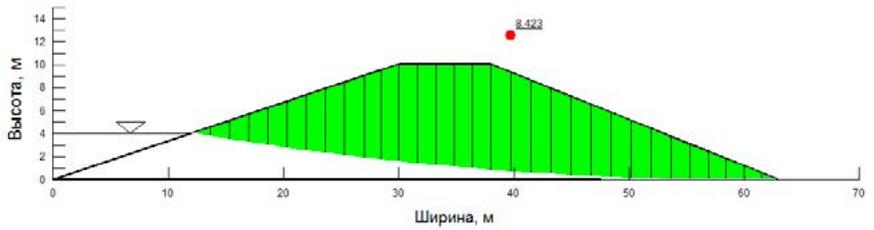


Рис. 5. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 4)

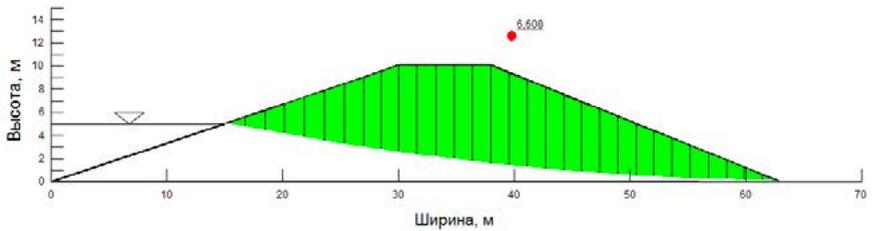


Рис. 6. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 5)

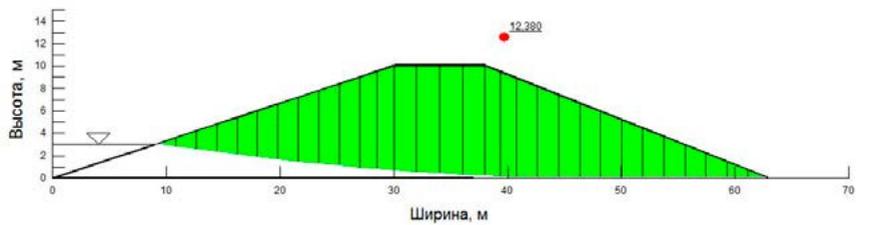


Рис. 7. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 6)

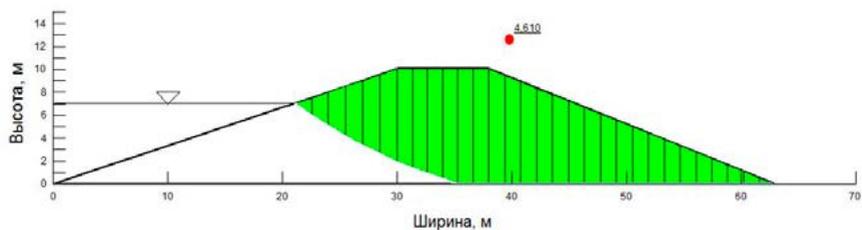


Рис. 8. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 7)

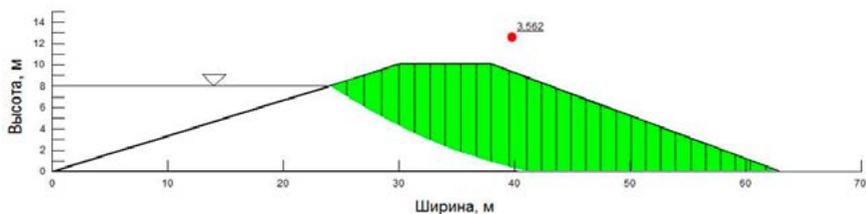


Рис. 9. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 8)

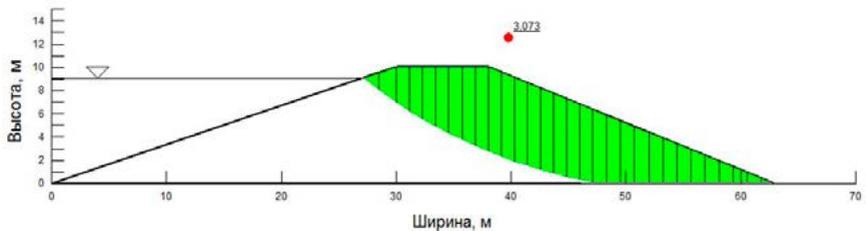


Рис. 10. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 9)

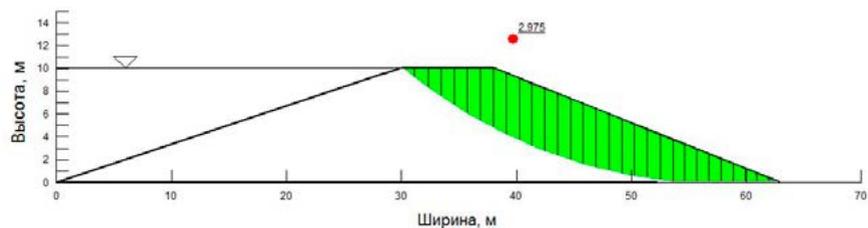


Рис. 11. Определение коэффициента устойчивости (эксперимент 10)

Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты численного эксперимента

№ п/п	Отметки уровня жидкости (Вода)		Максимальная скорость фильтрации (среднее значение),	Материал (характеристики)			Метод оценки	Коэффициент устойчивости
	Отметка верхнего бьефа, м	Отметка нижнего бьефа, м		Название	Коэффициент водопроницаемости, (Saturated Kx)	Влажность, (residual water content)		
1	1	0,2	$3,2 \cdot 10^{-7}$ ($1,6 \cdot 10^{-7}$)	Глина ($e=0,8$; $\gamma_{гр}=18$ кН/м ³)	0,000001	0,5	Моргенштерн-Прайс	107,315
2	2	0,3	$4,5 \cdot 10^{-7}$ ($2,5 \cdot 10^{-7}$)					26,603
3	3	0,4	$3,5 \cdot 10^{-7}$ ($2,0 \cdot 10^{-7}$)					12,380
4	4	0,4	$4,0 \cdot 10^{-7}$ ($2,0 \cdot 10^{-7}$)					8,423
5	5	0,8	$5,0 \cdot 10^{-7}$ ($2,5 \cdot 10^{-7}$)					6,608
6	6	1,2	$4,0 \cdot 10^{-7}$ ($2,0 \cdot 10^{-7}$)					5,485
7	7	1,9	$5,5 \cdot 10^{-7}$ ($3,0 \cdot 10^{-7}$)					4,610
8	8	2,6	$7,5 \cdot 10^{-7}$ ($3,5 \cdot 10^{-7}$)					3,562
9	9	3,5	$8,0 \cdot 10^{-7}$ ($4,0 \cdot 10^{-7}$)					3,073
10	10	5	$8,5 \cdot 10^{-7}$ ($4,5 \cdot 10^{-7}$)					2,975
11	>10	Перелив	$8,0 \cdot 10^{-7}$ ($4,0 \cdot 10^{-7}$)					-

При $K_{уст} > 1$ склон находится в устойчивом состоянии, при $K_{уст} < 1$ – т.е. когда нарушается равновесие сил, - происходит гравитационное смещение.

Таким образом можно сделать вывод о том, что при приведенных исходных данных грунтовая плотина до момента ее переполнения будет обладать достаточным запасом прочности. В то же время особое внимание следует уделить тому, что процессы инфильтрации (рассчитаны в том же программном комплексе) (рисунок 12) приводят к частичному разрушению склона и формированию оползневых процессов (рисунок 13).

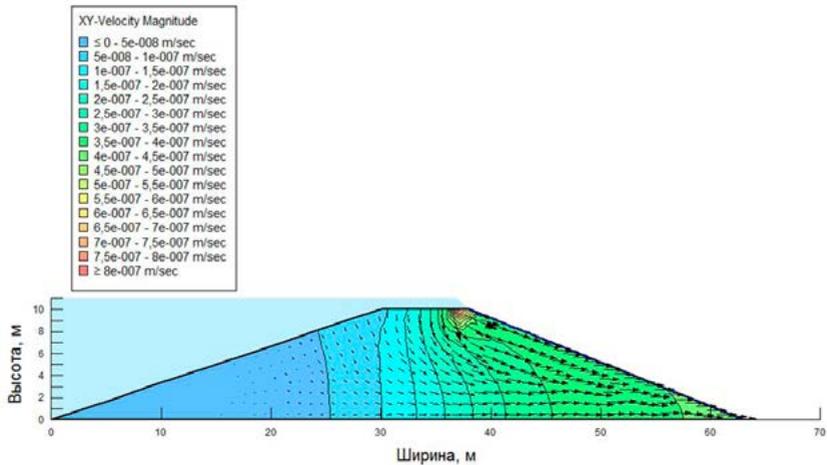


Рис. 12. Определение скорости фильтрации (эксперимент 11)

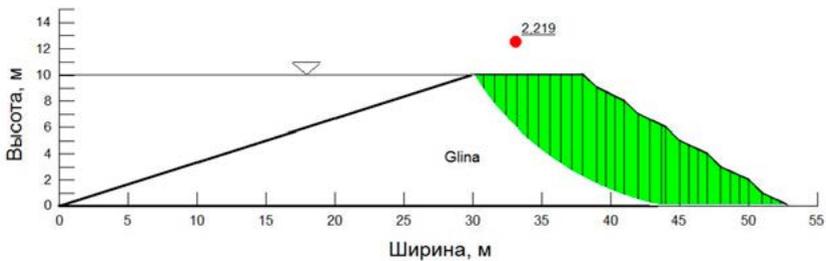


Рис. 13. Развитие оползневых процессов по результатам моделирования (эксперимент 11)

Под действием оползневых процессов уклон изменился с до приведенного значения уступа. Соответственно изменился коэффициент устойчивости с до . Наблюдается понижение значения устойчивости плотины на 26%. Таким образом, можно заключить, что помимо непосредственно действия массы воды, оказывающей действие на тело плотины, существенный вклад в снижение устойчивости вносят фильтрационные процессы, а также процессы размыва непосредственно тела

плотины. То есть имеет место действие сразу нескольких факторов, приводящих к потере устойчивости плотины.

Существенным недостатком является и тот факт, что в настоящее время фактически отсутствуют инженерные методики для оценки устойчивости грунтовых плотин, вместо этого применяются программные комплексы, реализующие численные методы (в частности решение систем дифференциальных уравнений), что дает значительную точность, но снижает оперативность проводимых расчетов

Список использованных источников

1. Волчкова А.В., Шевцов М.Н., Александрова Л.Н. Организация безопасности гидротехнических сооружений // Новые идеи нового века. Материалы международной конференции ФАД ТОГУ. – 2012. – С.153-157.
2. 1000. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://water-rf.ru/water/gosdoc/519.html> (дата обращения: 10.10.2020).
3. Седусова Ю.А., Клевко В.И. Определение устойчивости откоса грунтового массива с помощью программного комплекса GeoStudio // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2019. – т.2 – С.53-58.
4. Калинин Э.В., Панасьян Л.Л., Тимофеев Е.М. Новый подход к расчету устойчивости оползневых склонов // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – 2008. – №1 – С.21-29.

Исследование процесса электролиза для очистки сточных вод от примесей металлов

Хвостова Дарья Олеговна

Рукавишников Полина Витальевна

Научный руководитель: *Кондратьева Лариса Владимировна*

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. В данной статье произведен анализ показателей очистки сбросных вод методом электролиза и методов исследования очищенного от примесей хрома имитатора загрязнённого исходного раствора. Проведённые эксперименты на лабораторной установке показали ее работоспособность и высокую эффективность по очистке имитатора сточных вод от шестивалентного хрома методом электролиза. Максимальная степень очистки достигнута при продолжительности электролиза 45 минут (94,4%).

Ключевые слова: электролиз, сточные воды, металлы, имитатор сбросных вод, католит, анолит.

Современные требования экологического законодательства не позволяют сбрасывать в виде жидких отходов промышленные стоки, содержащие хром в виде хромовой кислоты, солей шестивалентного хрома с концентрацией выше предельно допустимых значений. Источником промышленного загрязнения сбросных вод могут быть гальванические установки, предприятия цветной металлургии, химической промышленности, кожевенные заводы и ткацкие предприятия, применяющие в своей технологии окраску тканей [1]. В природных соединениях хром, как правило, представлен трехвалентной формой, отходы промышленности содержат шестивалентный хром. Соединения трехвалентного хрома малорастворимы и плохо всасываются в желудочно-кишечном тракте. Возможно, поэтому считается, что токсические свойства присущи шестивалентному хрому.

Цель: исследования процесса электролиза для очистки сточных вод от примесей металлов.

Задачи исследования:

- проверка лабораторной установки для очистки имитатора сбросных вод от Cr(VI) электрохимическим способом с использованием диафрагменного электролизера;
- анализ содержания Cr(VI) в анолите и католите фотометрическим методом после электролиза сбросных вод и определение степени очистки вод.

Существует много способов очистки сбросных растворов от хрома – химические, механические, биологические, электрические и др.

В представленной работе отмечено, что при использовании диафрагменного электролизёра вследствие миграции ионов шестивалентного хрома из катодной камеры в анодную через инертную диафрагму содержание их в католите уменьшается [2,3].

Ход работы: На лабораторной установке были проведены четыре опыта с различной продолжительностью электролиза. Время электролиза составляло 8, 15, 30 и 45 минут.

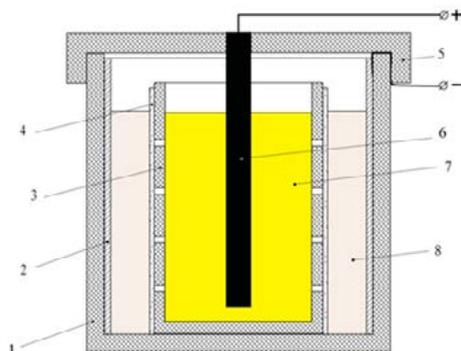


Рис.1. Схема лабораторной установки

1 – ёмкость из тефлона; 2 – катод из нержавеющей стали; 3 – тefлоновый стакан с от-верстиями; 4 – диафрагма из брезентовой ткани; 5 – крышка электролизёра; 6 – анод из графита, 7 – анодное пространство; 8 – катодное пространство

По окончании каждого опыта из электролизера извлекали тefлоновый стакан с анолитом, в котором были сконцентрированы анионы шестивалентного хрома $(Cr_2O_7)^{2-}$. Растворы, содержащие анионы шестивалентного хрома, имели характерную желтую окраску.



Рис. 2. Растворы католита и анолита после электролиза продолжительностью 45 минут

Католит, обедненный по иону хрома, не имел окраски. Это свидетельствовало об эффективности предложенного способа очистки сбросных вод от шестивалентного хрома.

Дальнейший фотометрический анализ растворов анодного и катодного пространства на фотоколориметре КФК-2 подтвердил высокую степень очистки сбросных вод от шестивалентного хрома электрохимическим методом.

Для рационального проведения эксперимента по определению степени очистки сточных вод методом электролиза был выбран способ фотометрического определения общего содержания хрома в природных и сточных водах по реакции хрома (VI) с дифенилкарбазидом [6, 7, 8].

Для построения градуировочного графика готовили растворы известной концентрации. Подготовку растворов проводили по ГОСТ 31956-2012. Затем проводили градуировку прибора с использованием этих растворов. Измерения проводят в соответствии с руководством по эксплуатации прибора КФК-2 (рисунок 3) при длине волны 540 нм, толщине кюветы 50 мм. Выдерживают градуировочные растворы и холостую пробу для градуировки 15 минут после их приготовления, после чего не менее двух раз измеряют значения оптической плотности каждого градуировочного раствора (в порядке возрастания массовой концентрации хрома) [4, 5].



Рис. 3.. Фотоколориметр КФК-2



Рис. 4. Градуировочные растворы для определения хрома

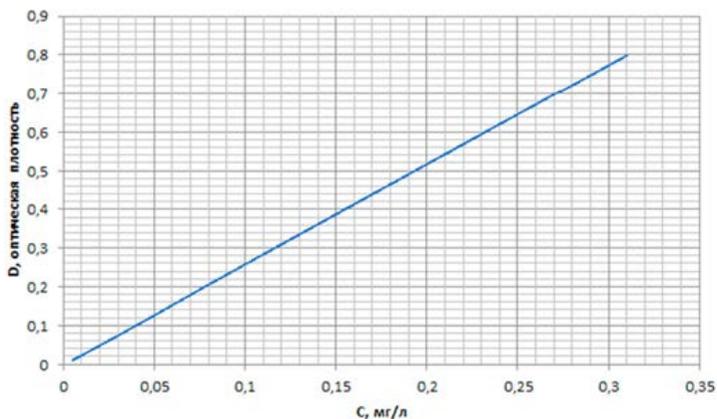


Рис. 5. Зависимость оптической плотности стандартных растворов от концентрации хрома

Результаты: По результатам фотометрического измерения оптической плотности проб построен график (рис.5). Расчётные данные отражены в таблице.

Таблица. Результаты измерения оптической плотности проб католита и анолита

Параметр	Продолжительность электролиза, мин								
	Исх. раствор	8	8	15	15	30	30	45	45
Оптическая плотность анолита	0,234 (исх.)		0,62		0,71		0,8		0,7
Оптическая плотность католита		0,12		0,027		0,022		0,012	
Концентрация хрома в анолите после электролиза	9 (исх.)		24		27,5		31		27
Концентрация хрома в католите после электролиза		4,7		1,1		0,9		0,5	
Степень очистки католита от хрома		47,7%		87,7%		90%		94,4%	

После электролиза был построен график зависимости степени извлечения хрома в зависимости от времени электролиза (рисунок 6).

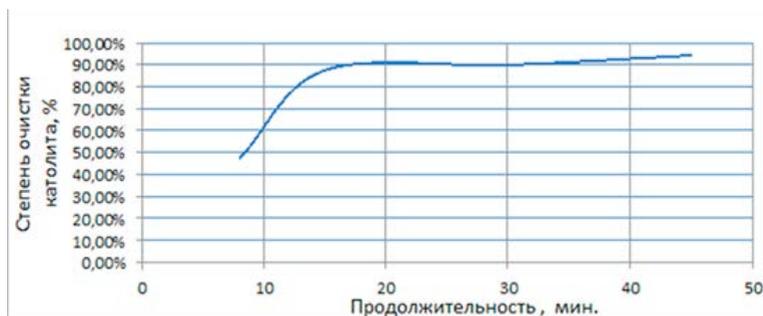


Рис. 6. Зависимость степени очистки католита от продолжительности электролиза

Выводы: Проведённые эксперименты на лабораторной установке показали ее работоспособность и высокую эффективность по очистке имитатора сточных вод от шестивалентного хрома методом электролиза. Максимальная степень очистки достигнута при продолжительности электролиза 45 минут (94,4%). Однако необходимо отметить, что при 15-минутном эксперименте степень очистки резко повышается с 47,7% (при 8-минутном эксперименте) до 87,7% и практически не изменяется при дальнейшем увеличении продолжительности электролиза. Таким образом, 15-минутную продолжительность электролиза можно считать оптимальной для лабораторного диафрагменного электролизера [9].

Список использованных источников

1. Верболь С.В., Запарий М.М., Козлов В.В. Способ очистки гальваностокков. Экология и промышленность России, февраль 2001. – С. 7-8.
2. Водное хозяйство промышленных предприятий: справочное издание; в 2-х книгах. Книга 1 / Аксенов В. И. [и др.]; под ред. В. И. Аксенова. М.: Теплотехник, 2005. – 640 с.
3. Звягинцева А.В., Болдырева О.Н. Нейтрализация сточных вод гальванического цеха – одно из направлений обеспечения экологической безопасности. Машиностроитель, №2, 2003. – С. 48-52.
4. Лурье Ю.Ю.. Аналитическая химия промышленных сточных вод, Изд. «Химия». М. 1984. – 155 с.
5. Халемский А.М. Очистка токсичных промстоков от соединений хрома, мышьяка и органических веществ электрокоагуляционным и ферратным способами. Экология производства. Металлургия и машиностроение. Информационный бюллетень №3(4) 2006. – 15 с.
6. ГОСТ 31956-2012 Вода. Методы определения содержания хрома (VI) и общего хрома.

7. ПНДФ 14.1:2:22-95. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации железа, кадмия, свинца, цинка и хрома в пробах природных и сточных вод методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии.
8. ПНДФ 14.1:2:4.72-96, Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации хрома в пробах питьевых, природных и сточных вод методом инверсионной вольтамперометрии.
9. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». – С. 288-295.

СЕКЦИЯ 3. «Прогнозирование, анализ и оценка возможных последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

УДК 614.84

Подходы к оценке последствий чрезвычайных ситуаций

Харин Владимир Владимирович

Кондашов Андрей Александрович

кандидат физико-математических наук

Удавцова Елена Юрьевна

кандидат технических наук

Бобринев Евгений Васильевич

кандидат биологических наук

*ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны»*

Аннотация: Рассмотрены предложения по оценке последствий чрезвычайных ситуаций. Изучены показатели «отношение количества людей, погибших в чрезвычайных ситуациях, к показателю 2011 года», «отношение количества пострадавших людей к погибшим в техногенных чрезвычайных ситуациях», «отношение количества спасенных людей к суммарному количеству погибших и спасенных в техногенных чрезвычайных ситуациях» по статистическим данным о чрезвычайных ситуациях в Российской Федерации за 2011-2019 годы. Предложены для регулярного мониторинга использовать два новых показателя, характеризующих опасность факторов чрезвычайной ситуации и эффективность деятельности сил и средств РСЧС по нейтрализации опасных факторов.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, погибшие, спасенные, пострадавшие, эффективность, силы и средства РСЧС

Одним из целевых индикаторов и показателей Государственной программы Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» является сокращение количества лиц, погибших в чрезвычайных ситуациях (по отношению к показателю 2011 года) [1; 2].

На рис. 1 представлены фактические значения этого показателя за 2012-2019 гг. [3-7].

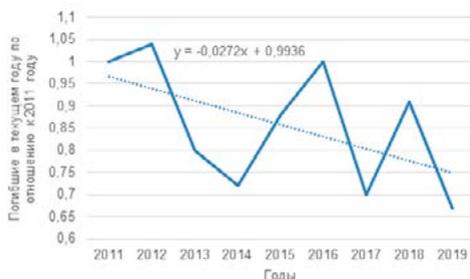


Рис. 1. Отношение количества людей, погибших в чрезвычайных ситуациях, к показателю 2011 г.

Как видно из рисунка наблюдается тенденция к сокращению количества лиц, погибших в чрезвычайных ситуациях. Эта величина в 2019 году снизилась по сравнению с 2011 годом на 32%. Однако, кроме динамики абсолютных показателей следует регулярно проводить мониторинг структурных показателей. На рис. 2 приведено отношение количества людей, погибших в техногенных чрезвычайных ситуациях, к общему количеству погибших людей в чрезвычайных ситуациях. Этот показатель имеет незначительную тенденцию к росту. Следует также отметить, что в среднем более 80% всех погибших в чрезвычайных ситуациях людей гибнут в техногенных чрезвычайных ситуациях.

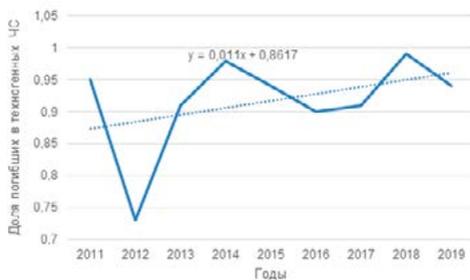


Рис. 2. Отношение количества людей, погибших в техногенных чрезвычайных ситуациях, к общему количеству погибших людей в чрезвычайных ситуациях

Соотношение количества пострадавших и погибших людей может характеризовать степень относительной опасности факторов чрезвычайной ситуации [8; 9]. На рис. 3 приведено значение этого показателя за 2013-2019 гг.

Рост данного синтетического показателя, наблюдаемый за период с 2013 по 219 гг., может свидетельствовать либо о снижении опасности факторов чрезвычайной ситуации – нанесенный вред здоровью не приводит к гибели пострадавших, либо об увеличении эффективности деятельности сил и средств РСЧС, нейтрализующих опасные факторы чрезвычайной ситуации.

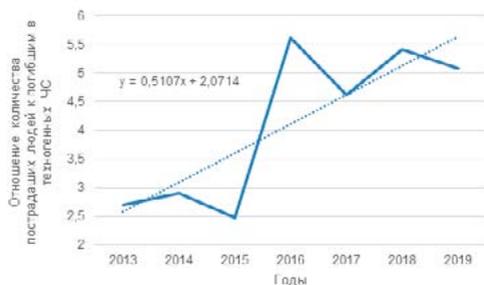


Рис. 3. Отношение количества пострадавших людей к погибшим в техногенных чрезвычайных ситуациях

Кроме того, эффективность деятельности сил и средств РСЧС может характеризовать такой показатель, как «доля количества спасенных людей от суммарного количества спасенных и погибших при чрезвычайных ситуациях» [10; 11]. Общее количество спасенных и погибших при чрезвычайных ситуациях людей свидетельствует о величине группы населения, оказавшегося в зоне воздействия опасных факторов чрезвычайной ситуации, которая не смогла самостоятельно эвакуироваться.

Названный показатель представлен на рис. 4.

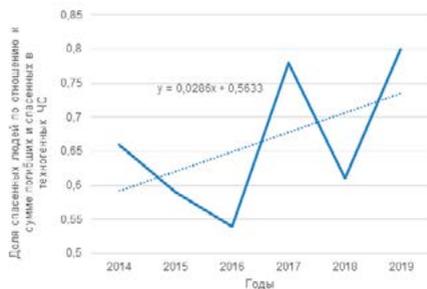


Рис. 4. Отношение количества спасенных людей к суммарному количеству погибших и спасенных в техногенных чрезвычайных ситуациях

Рост данного синтетического показателя однозначно свидетельствует об увеличении эффективности деятельности сил и средств РСЧС, нейтрализующих опасные факторы чрезвычайной ситуации.

Таким образом, показана тенденция к сокращению количества лиц, погибших в чрезвычайных ситуациях. Предложены для регулярного мониторинга использовать два показателя, характеризующих опасность факторов чрезвычайной ситуации и эффективность деятельности сил и средств РСЧС по нейтрализации опасных факторов. Продемонстрирован рост эффективности деятельности сил и средств РСЧС по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Список использованных источников

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 300 О государственной программе Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 марта 2020 года № 357 О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах».
3. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2011 году». М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2012, 299 с.
4. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2013 году». М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014, 344 с.
5. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016, 390 с.
6. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018, 376 с.
7. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году». М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020, 259 с.
8. Харин В.В., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю. Статистический подход оценки степени пожарной опасности по соотношению травмированных и погибших при пожарах людей. - Вестник НЦ БЖД. - 2019. - №4. – С. 127-135.
9. 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.
10. Порошин А.А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю. Научно-методические подходы к оценке эффективности спасения людей на пожарах пожарно-спасательными подразделениями. - Современные проблемы гражданской защиты. -2019. - №2. – С. 18-24.
11. Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю., Порошин А.А., Харин В.В. Количество спасенных при пожарах как индикатор функционирования пожарной охраны. // Сборник материалов XXXI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности». Москва, 2019. С. 474-476.

Прогнозирование аварий на объектах нефтеперерабатывающей отрасли

Серёдкина Алина Александровна

Научный руководитель: Масаев Сергей Николаевич

кандидат технических наук

ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет

Аннотация: С помощью корреляционного анализа проверяем влияние магнитных бурь солнца на человека. В работе проведён анализ статистических данных по авариям на нефтеперерабатывающих заводах, построена математическая модель статистической взаимосвязи между количеством магнитных бурь и количеством аварий. Данная модель может быть использована для произведения расчетов прогнозных значений исследуемых признаков.

Ключевые слова: аварии, пожары, магнитные бури, нефтеперерабатывающие заводы, корреляционный анализ.

Введение

Вопросы пожарной безопасности не теряют своей актуальности. Угроза возникновения пожара требует разработки новых машин и механизмов для борьбы с ними [1], и рассмотрения эффективных вариантов тушения пожара [2; 3].

Предприятия нефтеперерабатывающей отрасли - очень пожароопасны. Так как там производится, хранится большое количество опасных веществ.

На территории Российской Федерации действует 32 нефтеперерабатывающих завода [4].

По статистическим данным в России средняя частота пожаров по всем объектам и отраслям нефтеперерабатывающей промышленности составляет 12 пожаров в год [5; 6]. Очень опасным для возникновения пожара является весенне-летний период.

Главная причина, способствующая возникновению пожаров в резервуарных парках на территории России - это сам человек. Основное количество аварий связано с ведением химико-технологических процессов, с подготовкой оборудования к ремонту, ремонтными работами или приемом оборудования из ремонта.

Аварийные ситуации на нефтеперерабатывающих заводах являются следствием несовершенства отдельных технических средств, недостатков проектов, а также ошибочных действий производственного персонала.

Их причина - это целая совокупность обстоятельств, каждое из которых само по себе не могло инициировать крупный пожар, и только их сочетание приводит к серьезным последствиям.

Многочисленные исследования показывают, что геомагнитная активность (магнитные бури) способна влиять на человеческий организм, а именно на мозг.

Следствием электромагнитного воздействия может быть: повышенная раздражимость, ослабление памяти, беспокойный сон, а также повышенная утомляемость. Все это может повлиять на точность выполняемых работ и на несоблюдение необходимых мер пожарной безопасности.

Описание использованного метода

Корреляционный анализ - это метод, применяющийся с целью выявления оценки силы связи между случайными величинами, которые характеризует некоторый реальный процесс [7]. Случается множество аварий на нефтеперерабатывающих заводах и иногда не могут определить причину, возможно, одна из этих причин это влияние магнитных бурь солнца на человека.

Формула коэффициента корреляции [7; 8; 9]:

$$r_{XY} = \frac{\text{cov}_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$$

где r_{XY} - коэффициент корреляции;

cov_{XY} - ковариация переменных X и Y;

$\sigma_X \sigma_Y$ - стандартное отклонение переменных X и Y;

\bar{X} и \bar{Y} - среднее значение X и Y.

Описание расчета корреляции:

Рассчитываем коэффициент корреляции в Excel.

1. Пишем данные в Excel, располагая их в столбик
2. Используем встроенную формулу коэффициента корреляции в Excel =КОРРЕЛ():

Значение коэффициента может меняться от -1 до +1.

Если значение близко к единице или минус единице - значит два явления сильно взаимосвязаны. Околонулевые значения, в свою очередь, говорят об отсутствии какой-либо зависимости между явлениями. При высокой положительной корреляции вслед за графиком А растёт и график В, и чем выше значение, тем слабее оба движутся. Значимость линейного коэффициента корреляции проверяется на основе t-критерия Стьюдента:

$$t = \sqrt{\frac{r^2}{1-r^2}} \cdot (n-2) = \frac{|r|}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2}$$

Если $t > t_{кр}(P, n-2)$, то линейный коэффициент корреляции значим, а следовательно, значима и статистическая связь X и Y .

Эксперимент (Расчет)

1. Проанализировав аварии, произошедшие с 2009 по 2019 гг. на нефтеперерабатывающих заводах на территории России, было их зарегистрировано 63, средняя частота пожаров на НПЗ составила 6 пожаров в год. Количество магнитных бурь в России за 11 лет (с 2009 по 2019 гг.) насчитывается 345.

Представим данные произошедших аварий и магнитных бурь в виде графика (рис. 1) [10].

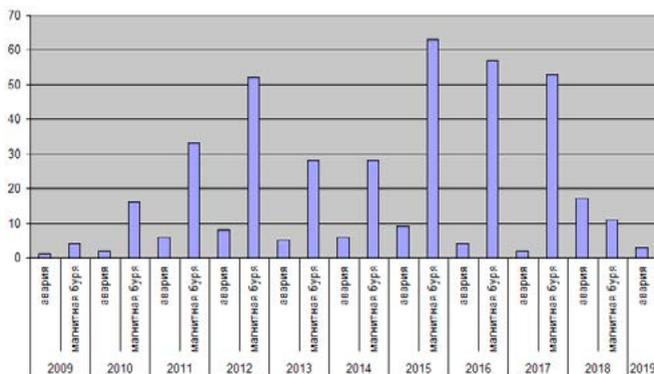


Рис. 1. Количество аварий и магнитных бурь с 2009-2019гг.

По графику можно сказать, что магнитных бурь в эти года случалось в несколько раз больше, чем аварий на нефтеперерабатывающих заводах. И не всегда магнитные бури влияли на аварии, к примеру, в 2019 году магнитных бурь не было, но авария, как показано, была [11].

Исходя из диаграммы (рис. 2), можно сказать, что наиболее опасными для аварий дни - это среда, пятница и воскресенье [12]. В эти дни недели необходимо уделить особое внимание технике безопасности, проводить информационные мероприятия по усилению контроля производства, к примеру, повесить таблички с надписью: «БУДЬ ВНИМАТЕЛЕН НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ».

Проводя дополнительную пропаганду, думаем, что аварийность снизится. Можно предположить, что в среду, т.к. это середина недели, у человека сильное утомление и он менее следит за соблюдением правил пожарной безопасности. Пятница - конец рабочей недели, у человека наступает условное ослабление когнитивных функций мозга и возрастает вероятность нарушений последовательностей действий, которые могут привести к аварии. Воскресенье - конец недели, человек раздражен и не концентрирует внимание на правильность соблюдения мер пожарной безопасности.

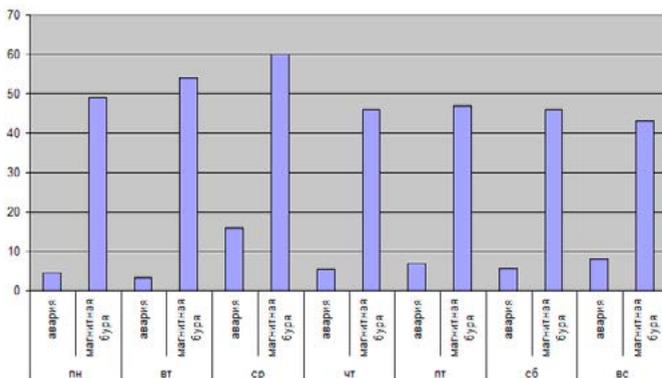


Рис. 2. Количество аварий и магнитных бурь по дням недели

Исходя из статистических данных, влияние магнитных бурь на человека происходит. Так в 2010, 2015 и в 2016 году совпадали дни аварий и магнитных бурь.

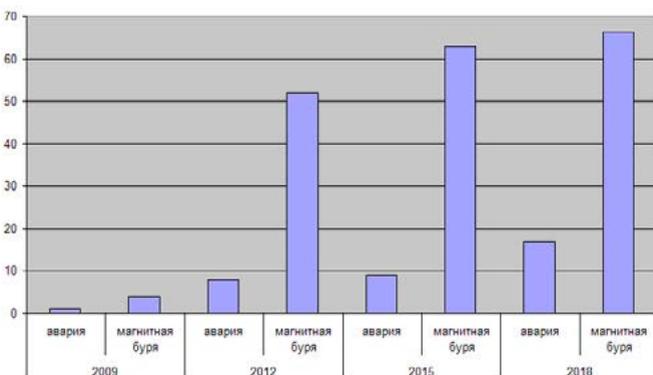


Рис. 3. Нарастание количества аварий и магнитных бурь

Считаем данную тему актуальной. Каждые три года происходит нарастание количества аварий и магнитных бурь (рис. 3). Мы видим прямую зависимость аварий от произошедших магнитных бурь.

- В работе проводится анализ взаимосвязи между количеством магнитных бурь и количеством аварий (рис. 4), при этом строится аналитическая зависимость рассмотренных параметров (рис. 5). Рассмотрим статистику аварий в России в период с 2009 года по 2019 год по дням недели (табл.1) [13]. Для построения математической модели введем в рассмотрение две величины: x – магнитные бури, относится к факторному признаку; y – аварии, описывает результирующий признак.

Сумма по полю Кол-во	Показатель		
День недели	авария	магнитная буря	Общий итог
пн	9	49	58
вт	7	54	61
ср	16	60	76
чт	9	46	55
пт	7	47	54
сб	7	46	53
вс	8	43	51
Общий итог	63	345	408

Рис. 4. Количество аварий и магнитных бурь по дням недели

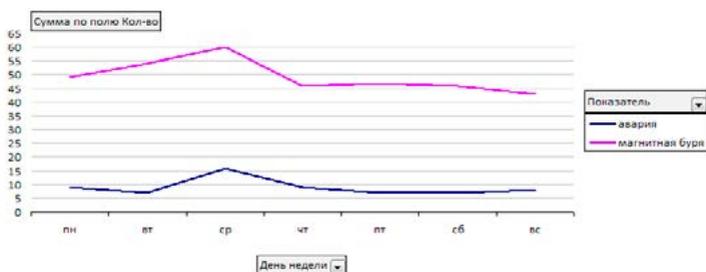


Рис. 5. График аварий и магнитных бурь по дням недели

Таблица 1. Количество магнитных бурь и аварий по дням недели

Период		пн	вт	ср	чт	пт	сб	вс
Число магнитных бурь	x	49	54	60	46	47	46	43
Число аварий	y	9	7	16	9	7	7	8

Статистические данные на первом этапе исследования проверяются на однородность. Для этого коэффициента вариации V_x по признаку фактору.

$$V_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Определим среднюю величину \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{345}{7} = 49,3$$

Таблица 2. Промежуточные данные по количеству магнитных бурь

Порядковый номер периода	Число магнитных бурь (x)	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
1	49	-0,3	0,09
2	54	4,7	22,1
3	60	10,7	114,5
4	46	-3,3	10,9
5	47	-2,3	5,3
6	46	-3,3	10,9
7	43	-6,3	39,7
			203,5

Рассчитаем среднеквадратическое отклонение σ_x , используя промежуточные данные (табл. 2).

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{203,5}{7}} = 5,4$$

Рассчитаем коэффициент вариации:

$$V_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \cdot 100\% = \frac{5,4}{49,3} \cdot 100\% = 11\%$$

Можно сделать вывод об однородности статистических данных и средней степени рассеивания, так как выполняется условие:

$$10\% < V_x \approx 11\% < 20\%$$

Следующим этапом исследования является проверка данных на удовлетворение закону нормального распределения. Используем известное правило «трех сигм» (табл. 3).

Таблица 3. Данные по правилу «трех сигм»

Интервалы для значений признака фактора	Интервалы значений признака x		Число единиц, входящих в интервал	Уд.вес числа ед, входящих в интер-л.	Уд. вес числа ед, входящих в интервал, при норм. распред-и, %
$\bar{x} \pm \sigma$	23,9	54,7	6	85,7%	
$\bar{x} \pm 2\sigma$	38,5	60,1	7	100%	
$\bar{x} \pm 3\sigma$	33,1	65,5	7	100%	

Согласно данным таблицы (табл.3) наблюдаем отсутствие нормальности распределения статистических данных (см. столбец 5). Отметим, что среди рассмотренных данных нет резко выделяющихся единиц.

Произведем аналитическую группировку по признаку для проверки наличия связи.

Число групп равно 7, интервалы берем равными по величине.

Длина интервала вычисляется по формуле:

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-2}} = \frac{1-0,7^2}{\sqrt{7-2}} = \frac{0,5}{2,2} = 0,2$$

где m – число групп.

Полученное таким образом распределение иллюстрировано в таблице (табл. 4).

Таблица 4. Данные по распределению

Интервалы значений признака x		Количество периодов	$\sum y_i$	Среднее количество аварий в данном интервале
43,0	45,4	1	9	9
45,4	47,9	1	7	7
47,9	50,3	1	16	16
50,3	52,7	1	9	9
52,7	55,1	1	7	7
55,1	57,6	1	7	7
57,6	60,0	1	8	8
Итого		7	63	

Рассчитаем линейный коэффициент корреляции. Данные занесем во вспомогательную таблицу (табл. 5).

t-критерий Стьюдента при $P=0,95$ и $k=7-2=5$; $t_{табл} = 2,1$.

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} = \frac{3188 - \frac{345 \cdot 63}{7}}{\sqrt{\left[17207 - \frac{119025}{7} \right] \left[629 - \frac{3969}{7} \right]}} = 0,7$$

Линейный коэффициент корреляции приближается к 1, следовательно, можно утверждать, что наблюдается прямая и очень тесная связь между изучаемыми явлениями. Вычислим среднюю квадратичную ошибку коэффициента корреляции (1):

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-2}} = \frac{1-0,7^2}{\sqrt{7-2}} = \frac{0,5}{2,2} = 0,2$$

$$t_{\text{расчет}} = \frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{0,7}{0,2} = 3,5$$

(1)

Таблица 5. Вспомогательные данные для расчета.

Поряд- ковый номер периода	Период	Число магнит- ных бурь (x)	Число аварий (y)	x^2	y^2	xy	\hat{y}	$y - \hat{y}$	$(y - \hat{y})^2$
1	Пн	49	9	2401	441	81	8,6	0,4	0,2
2	Вт	54	7	2916	378	49	9,1	-2,1	4,4
3	Ср	60	16	3600	960	256	9,7	6,3	39,7
4	Чт	46	9	2116	414	81	8,3	0,7	0,5
5	Пт	47	7	2209	329	49	8,4	-1,4	1,9
6	Сб	46	7	2116	322	49	8,3	-1,3	1,7
7	Вс	43	8	1849	344	64	8	0	0
ИТОГО		345	63	17207	3188	629			48,4

Имеем $t_{\text{расчет}} > t_{\text{табл}}$ - критерия (3,5 > 2,1)

Итак, получаем существенную значимость коэффициента корреляции. Построим математическую модель линейной зависимости исходных данных в виде $\hat{y} = a + bx$. Вычислим необходимые параметры связи: а и b.

$$a = \frac{\sum x_i \sum y_i - n \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} = 0,4$$

$$b = \frac{\sum x_i \sum x_i y_i - \sum x_i^2 y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} = -11,1$$

Получаем зависимость следующего вида:

$$\hat{y} = 0,4x - 11,1$$

Сделаем общий чертёж диаграммы рассеяния и графика уравнения регрессии (рис.6).

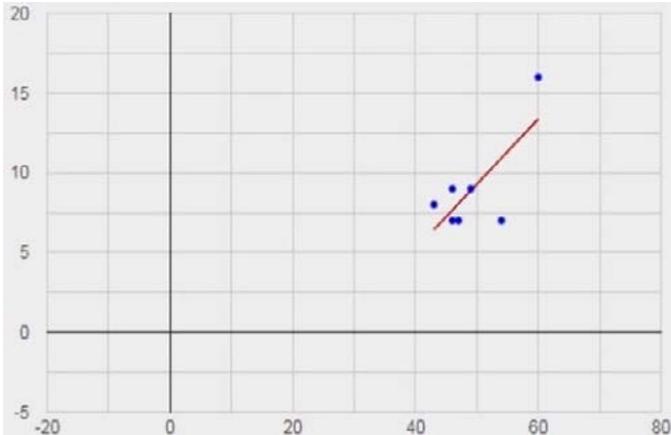


Рис. 6. Диаграмма рассеяния

Определим величины, $\omega^2 = \frac{k^2 - r^2}{m-2} : \frac{1-k^2}{n-m}$ которые позволяют использовать линейную функцию.

Для расчета ω^2 вычисляются величины:

$$k^2 = \sqrt{\frac{\delta^2}{\sigma_y^2}}$$

$$\delta^2 = \frac{\sum (\bar{y}_i - \bar{y}_0) \cdot n_i}{\sum n_i}$$

Согласно данным таблицы (табл.4) имеем

$$\delta^2 = \frac{(9-9)^2 + (7-9)^2 + (16-9)^2 + (9-9)^2 + (7-9)^2 + (7-9)^2 + (8-9)^2}{7} = 8,9$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n} = \frac{(9-9)^2 + (7-9)^2 + (16-9)^2 + (9-9)^2 + (7-9)^2 + (7-9)^2 + (8-9)^2}{7} = 8,9$$

$$k^2 = \sqrt{\frac{8,9}{8,9}} = 1$$

Величина корреляционного отношения свидетельствует о наличии достаточно тесной связи.

$$\omega^2 = \frac{1^2 - 0,7^2}{7 - 2} : \frac{1 - 1^2}{132 - 7} = 12,8$$

При вероятности $P=0,95$ ($\alpha=0,5$)

$$k_1 = m - 2 = 7 - 2 = 5$$

$$k_2 = n - m = 132 - 7 = 125$$

Средняя квадратичная ошибка уравнения:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - l}} = \sqrt{\frac{48,4}{132 - 2}} = 0,6$$

где l – число параметров в уравнении регрессии.

$$\frac{S_e}{\bar{y}} \cdot 100\% = \frac{0,6}{9} \cdot 100 = 6,7\%$$

Полученное отношение меньше 33%, таким образом, уравнение хорошо отображает взаимосвязь двух признаков.

Заключение

Цель нашей работы заключается в том, чтобы проверить гипотезу влияния магнитных бурь солнца на число аварий на нефтеперерабатывающих заводах России.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: проверить однородность выборки, проверить данные на соответствие нормальному закону распределения, выполнить аналитическую группировку данных, рассчитать коэффициент корреляции, вычислить среднюю квадратичную ошибку коэффициента корреляции, построить математическую модель линейной зависимости.

В результате проведенного исследования, можно сделать вывод, что данная работа актуальна, ее можно продолжать на основе следующих годов. Задачи решены, цель достигнута, гипотеза подтвердилась. Мы получили значение коэффициента корреляции 0,7, значит, аварии и магнитные бури имеют сильную взаимосвязь. Важным фактором, влияющим на число аварий на нефтеперерабатывающих заводах в России, являются магнитные бури, они сильно влияют на человека, из-за этого и происходит его вина.

Так как наиболее опасными для аварий днями являются среда, пятница и воскресенье. То в эти дни необходимо уделить особое внимание технике безопасности, проводить информационные мероприятия по усилению контроля производства.

В подтверждение наших расчетов:

9 января 2020 года в Ухте на нефтеперерабатывающем заводе ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка» произошел взрыв и пожар. Пожару присвоен повышенный ранг сложности – ранг №3. Данная авария произошла с четверга на пятницу, в один из опасных дней, когда человек подвержен влиянию магнитных бурь. Прогноз магнитных бурь на 9 и 10 января показал, что с вероятностью 5% в эти дни ожидалось магнитные бури уровня G1(слабая буря, а именно 2 балла).

24 мая на АО «Новокуйбышевский НПЗ» произошло воспламенение незначительного остаточного количества нефтепродукта на вспомогательном оборудовании, выведенной из работы установке вторичных процессов. Пожару присвоили повышенный номер сложности. Это произошло в воскресенье – тот день, когда необходимо уделить особое внимание технике безопасности. Прогноз магнитных бурь на 24 мая показал, что будет слабая геомагнитность в 2 балла.

Список использованных источников

1. Едимичев Д.А., Минкин А.Н., Масаев С.Н. [и др.]. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. – 148 с. ISBN 978-5-7638-4289-0
2. Масаев В.Н., Москвин Н.В., Масаев С.Н. Пожарная тактика: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. 286 с. - ISBN 978-5-7638-3592-2
3. Едимичев Д.А., Минкин А.Н., Масаев С.Н., Елфимова М.В. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. – 148 с. - ISBN 978-5-7638-4154-
4. Список нефтеперерабатывающих заводов России // <https://pronpz.ru/neftepererabatyvayushchie-zavody/rossiya.html>
5. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли // https://studwood.ru/2057368/bzhd/statistika_pozharov_obektah_neftegazovoy_otrasli
6. Статистика пожаров - Пожарная безопасность резервуарных парков // https://vuzlit.ru/115716/statistika_pozharov
7. Масаев С.Н., Масаев В.Н., Минкин А.Н., Едимичев Д.А., Елфимова М.В. Статистика пожаров: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. 148 с. - ISBN 978-5-7638-4113-8.
8. Метод корреляционного анализа // <https://fb.ru/article/341341/metod-korrelyatsionnogo-analiza-primer-korrelyatsionnyy-analiz---eto>
9. Коэффициент корреляции // <https://webinvestor.pro/koeffitsient-korrelyatsii-v-excel-formula/>
10. Статистика данных (сведения об авариях на НПЗ с 2009-2019г.г.)
11. Пожары и взрывы на промышленных предприятиях в России в 2018-2019 годах // <https://ria.ru/20190116/1549440149.html>
12. ЧП на нефтеперерабатывающих предприятиях в России в 2011-2016 годах // <https://www.oilexp.ru/news/russia/chp-na-neftepererabatyvayushhikh-predpriyatiyakh-v-rossii-v-2011-2016-godakh/106661/>
13. Лебедева М. И., Богданов А. В., Колесников Ю. Ю. Аналитический обзор статистики по опасным событиям на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2013. С. 8.

Прогнозирование обстановки при аварийных ситуациях на Ачинском НПЗ

Матевосян Гарик Аджибабович^{1,2}

Научный руководитель: *Долгушина Любовь Викторовна²*

кандидат химических наук, доцент

^{1,2} *Пожарно-спасательный отряд ФПС ГПС ГУ МЧС России по Красноярскому краю
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

Аннотация: В статье излагается прогнозирование обстановки при аварийных ситуациях на Ачинском НПЗ, сценарии развития аварии на нефтеперерабатывающих заводах. Анализируется система мониторинга и прогнозирования аварийных ситуаций. Рассматриваются этапы прогнозирования обстановки при аварийных ситуациях на Ачинском НПЗ.

Ключевые слова: прогнозирование, аварийная ситуация, Ачинский НПЗ, мониторинг, обстановка.

На сегодняшний день в пределах России и за рубежом работает огромное количество опасных производственных объектов, к числу которых относятся предприятия нефтепереработки. Нефтепродукты, которые применяются в качестве сырьевого материала, являются жидкостями легковоспламеняющимися. Смеси их паров с воздухом взрывоопасны и токсичны.

За предыдущие годы на нефтеперерабатывающих заводах увеличилось количество аварийных ситуаций, так как темпы замены морально устаревшего оборудования очень низкие [3].

Ключевой сложностью обеспечения необходимой степени промышленной безопасности на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса является очень низкая степень защищенности объектов нефтегазового комплекса от аварий с тяжелыми последствиями. Главным препятствием, которое не дает внедрить результативные меры по уменьшению числа аварий и производственных травм, является низкая степень внимания руководителей к вопросам промышленной безопасности, а также регулярное нарушение организацией правил безопасности по использованию недр на месторождениях нефти.

Вопреки усилиям проектировщиков, а также контролирующих органов и пользователей оборудования, число аварийных ситуаций в Российской Федерации, а также за рубежом не становится меньше. В Российской Федерации имеется достаточный опыт расследования произошедших аварий на заводах нефтепереработки. За последний период ключевым виновником аварийной ситуации являются операторы. Одновременно источники появления аварий необходимо искать на абсолютно всех этапах: от проектирования до запуска в работу нефтеперерабатываю-

щих заводов. Для распознавания предпосылок и прогнозирование обстановки при аварийных ситуациях на нефтеперерабатывающих заводах, проводится формализация причин и прогнозирование аварий по общепринятой методике.

АО «Ачинский НПЗ ВНК» - это нефтеперерабатывающий завод, являющийся единственным большим заводом в Красноярском крае. Авария, произошедшая 15 июня 2014 года повлекла смерть 8 человек, травмированию 37 человек, а также крупному материальному ущербу. Взорвавшаяся ректификационная колонна привела к крупному пожару, потушить который получилось благодаря привлечению большого количества людей спасательной службы. В связи со сложившейся обстановкой Ростехнадзором была сформирована комиссия. По мнению комиссии ошибки оператора технологических установок НПЗ, и также ведущего инженера отдела технического надзора привели к трагедии. Они не обеспечили регламентированную эксплуатацию оборудования, соблюдение графиков их ремонта, а также безопасные условия труда. В связи с данными обстоятельства актуальным является прогнозирование обстановки при аварийных ситуациях на Ачинском НПЗ [1].

Аварии на нефтеперерабатывающих заводах чаще всего развиваются по сложным сценариям, который состоит из различных типов событий чрезвычайных ситуаций. Чаще всего возникают пожары, а также взрывы и выбросы опасных веществ [4].

Публикации [1, 3, 5, 6 и др.] в данной области весьма обширны и вместе с тем недостаточны для разработки и практической реализации ситуаций опасных производственных объектов, связанных образованием пожаровзрывоопасных облаков газопаровоздушных смесей.

Все это требует проведение дополнительных исследований по детальному и полному учету факторов влияющих эволюцию пожаровзрывоопасных облаков газопаровоздушных смесей.

При аварийном вскрытии хранилищ, выбросе и интенсивном испарении сжиженных углеводородных топлив (выбросе энергоносителей) с образованием парогазовых облаков возможно: их воспламенение, быстрое сгорание (дефлаграция), а также детонационный взрыв [3]. В данной статье выполняется обзор методов, направленных для расчета последствий аварийных выбросов опасных веществ.

Аварии на нефтеперерабатывающих предприятиях развиваются, как правило, по сложному сценарию, включающему разные типы событий чрезвычайных ситуаций, наиболее часто наблюдаются пожары, взрывы, выбросы опасных веществ.

Одновременно пожары, а также взрывы и выбросы опасных веществ могут быть взаимосвязаны друг с другом и быть причинами формирования друг друга. На рис. 1 приведена схема распространения аварии при освобождении газопаровоздушных смесей.

Одной из самых главных опасностей на нефтеперерабатывающем заводе является образование облака газопаровоздушных смесей[7].

Согласно ГОСТР 22.1.01-95 система мониторинга и прогнозирования аварийных ситуаций должна включать нижеприведенные составляющие:

1. организационная структура;
2. общая модель системы, включающая объекты мониторинга (в случае «Ачинский НПЗ») – возможность развития техногенных ЧС согласно терминологии ГОСТР 22.0.05-94;
3. совокупность технических средств;
4. модели формирования различных ситуаций;
5. методы наблюдений, а также обработки данных, анализа ситуаций и прогнозирования;
6. информационная система.

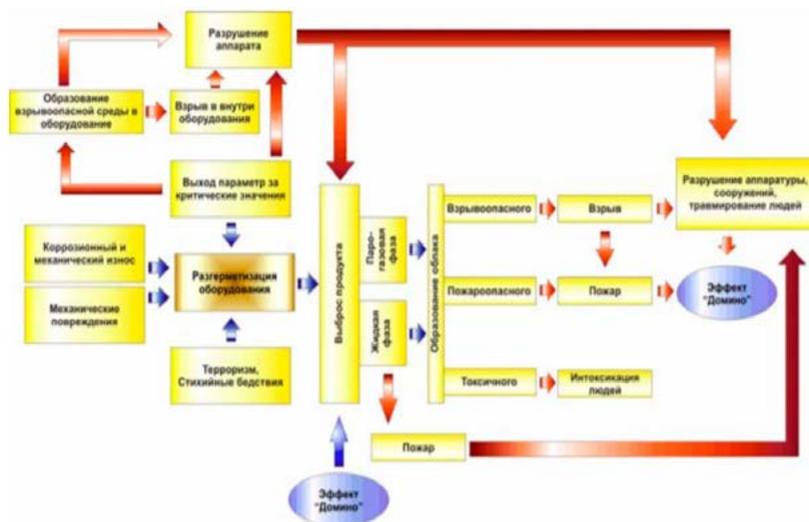


Рис. 1 - Схема развития при освобождении газопаровоздушной смеси [6]

Прогнозирование обстановки при аварийных ситуациях на Ачинском НПЗ осуществляется для заблаговременного принятия мер по предупреждению ЧС, уменьшению последствий аварий, в также формированию сил, средств, которые нужны для устранения аварийных результатов.

Обычно выявление, а также оценка обстановки включает 3 стадии:

1. Преждевременное прогнозирование;
2. Предварительное (оперативное) прогнозирование;
3. Раскрытие, а также оценка текущей ситуации.

Преждевременный прогноз проводится до появления чрезвычайной ситуации. Преждевременный прогноз формируется на применении возможных моделей возникновения аварийных ситуаций. Итоги преждевременного прогноза применяются при планировании защиты, а также устранению последствий чрезвычайных ситуаций: разрабатываются планы действий в чрезвычайных

ситуациях, формируются необходимые человеческие, а также материальные ресурсы, проводится обучение специалистов [2].

Предварительное прогнозирование проводится в момент возникновения аварийных ситуаций. Прогноз осуществляется на основе фактических данных об источниках опасности. Итоги преждевременного прогноза применяются для [5]:

- уточнения задач подразделениям;
- осуществление оперативных мероприятий по защите персонала;
- приготовление сил, а также средств, которые привлекаются для осуществления помощи жертвам и устранения результатов чрезвычайной ситуации.

Выявление и оценка фактической обстановки осуществляется для уточнения итогов преждевременного прогноза, а также принятия финального заключения по защите в аварийных ситуациях и устранении чрезвычайной ситуации. Необходимыми данными, позволяющими оценить обстановку на текущем этапе считаются данные о реальных масштабах аварийной ситуации. Оценка ситуации заканчивается формированием мер по защите работников, а также ликвидации аварийной ситуации. Мероприятия защиты, а также ликвидации аварийных ситуаций осуществляются согласно решению и в случае надобности корректируются по обстановке.

Таким образом, для уменьшения риска возникновения аварий ситуаций важно соблюдение требований безопасности, осуществление в строгом соответствии с графиками текущих, а также средних и капитальных ремонтов оборудования в полном соответствии с действующими правилами промышленной безопасности.

Список использованных источников

1. Алексеев, С.П. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях. Учебное пособие / С.П. Алексеев. - М.: Издательство Политехнического университета, 2017. - 482 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. - М.: Высшая школа, 2015. - 592 с.
3. Воронцовский, А.В. Оценка рисков: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А.В. Воронцовский. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 179 с.
4. Воронцовский, А.В. Управление рисками: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А.В. Воронцовский. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 414 с.
5. Мاستрюков, Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях / Б.С. Мاستрюков. - Москва: Высшая школа, 2015. - 336 с.
6. Vjerketvedt, D., Bakke, J.R. and Van Wingerden, K. (1997) Gas explosion handbook, J. Haz. Mat., Vol. 52, no. 1, pp. 1-150.
7. Козлитин А.М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. Детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: Учебное пособие/Под ред. А.И.Попова. Саратов: Саратов.гос.ун-т, 2000. – 124 с.

Планирование мероприятий инженерной защиты персонала объектов экономики в современных условиях

Саулова Татьяна Алексеевна

кандидат технических наук, доцент

Бас Виталий Иванович

кандидат технических наук, доцент

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

Аннотация: Оценены возможности реализации оптимального варианта инженерной защиты в современных чрезвычайных условиях, сочетающего социально-экономические интересы и интересы гражданской безопасности. Приведён пример экономической целесообразности мероприятий по дооборудованию зданий общественного назначения под противорадиационные укрытия.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, дооборудование, противорадиационные укрытия, гражданская безопасность, экономическая целесообразность.

Планирование и реализация мероприятий инженерной защиты населения и персонала объектов экономики является частью комплекса мероприятий по обеспечению безопасности населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при ведении военных действий, террористических актов, а также чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Содержание планируемых защитных мер зависит от результатов анализа и прогнозной оценки обстановки. Основой дифференцированного подхода к формированию защитных мер является зонирование территории по видам и степеням природной и техногенной опасности - определение границ территорий, общими признаками которых является высокая потенциальная опасность возникновения определённого вида чрезвычайного события. По оценкам специалистов своевременная реализация запланированных инженерных мероприятий в государственном масштабе позволит уменьшить потери людей и ущерб экономике государства на 30–40 % [1].

В современных условиях содержание, объем и сроки проведения мероприятий по защите населения и персонала объектов экономики определяются с учетом экономических возможностей и военно-политической обстановки, исходя из принципа разумной достаточности, который предполагает выбор оптимального варианта защиты, сочетающего социально-экономические интересы и интересы гражданской безопасности, повышение уровня универсальности средств защиты для любых чрезвычайных условий.

Реализация принципа двойного назначения (использование материальных средств и объектов не только для защиты населения, но и в интересах обеспечения функционирования объектов экономики и обслуживания населения) является важной мерой, оптимизирующей комплекс защитных мер.

Сегодня непосредственная угроза прямой агрессии против Российской Федерации уменьшилась, однако, риски локальных военных конфликтов и действий, представляющих опасность для населения, сохраняются. Необходимо отметить, что в современных войнах и вооруженных конфликтах вероятность применения оружия массового поражения существенно снизилась по сравнению с периодом «гонки вооружения». Этому послужили принятые международные решения о сокращении ядерных потенциалов, запрещении и уничтожении химического оружия, осознание неэффективности применения оружия массового поражения с точки зрения неизбежности последствий глобальной катастрофы, не оставляющей шансов выжить никому на нашей планете. В концепциях ведения современных войн все большая роль отводится оружию на новых принципах (климатическому, биологическому, генетическому, информационному), высокоточному оружию и другим современным средствам поражения.

В современной социально-экономической обстановке инженерное обеспечение защиты регулируется «Порядком создания убежищ и иных объектов гражданской обороны», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 29 ноября 1999 года № 1309. Он определяет категории населения, подлежащих укрытию в убежищах - это работники наибольших работающих смен организаций, расположенных в зонах риска и продолжающих свою деятельность в военное время, а также работники работающих смен персонала организаций, обеспечивающих деятельность городов. Предусматривается заблаговременное накопление убежищ для работников АЭС и организаций, обеспечивающих функционирование и жизнедеятельность этих станций, нетранспортабельных больниц, находящихся в учреждениях здравоохранения, где возможны сильные разрушения, а также обслуживающего этих больных медицинского персонала. В городах, отнесенных к особой группе по гражданской обороне, все трудоспособное население по месту жительства и месту работы должно быть обеспечено убежищами. Для защиты работников и населения в городах и населенных пунктах, не отнесенных к группам по гражданской обороне, с учетом эвакуируемого в них населения создается фонд противорадиационных укрытий (ПРУ) [2].

Очевидно, что помимо поддержания в готовности имеющихся специальных защитных сооружений, экономически целесообразно решать задачу инженерной защиты в ЧС мирного времени путём приспособления существующих, реконструируемых и вновь строящихся зданий и сооружений (в том числе подвальных) социально-бытового, производственного и хозяйственного назначения для укрытий населения, предусмотрев обеспечение необходимых защитных свойств при проектировании.

Приведём пример расчёта приблизительной стоимости дооборудования помещения общего пользования для использования его в качестве укрытия в случае гипотетической радиационной опасности, Расчет затрат на дооборудование помещения и сравнение их с возможным ущербом при аварии позволит определить их экономическую целесообразность.

ПО «Электрохимический завод» (ПО «ЭХЗ») - предприятие по обогащению урана. Технологический процесс по обогащению изотопов относится к радиационно и химически опасному производству. Он включает в себя перевод сырьевого обеднённого порошкообразного гексафторида урана (ОГФУ) в газообразную форму в конденсационно-испарительных установках. При возникновении избыточного давления ГФУ на стенки ёмкости (вероятность - в пределах пренебрежимо малого риска, порядка 10^{-6}) возникает риск разгерметизации и выброса аэрозолей. При этом радиационное воздействие могут испытать не только работники завода, но и жители города Зеленогорска, расположенного на расстоянии 1 км от ПО «ЭХЗ».

В результате оценки последствий гипотетической аварии (при реализации сценария по максимально наихудшему варианту развития ЧС) на ПО «ЭХЗ» выяснили, что часть территории города Зеленогорск через 12 минут может оказаться в зоне отчуждения с мощностью дозы в начальный момент загрязнения более 0,5 рад/ч. Очевидно, что эвакуация жителей за 12 минут невозможна. Укрытие в квартирах может занять длительное время в связи с необходимостью добираться до дома от места нахождения, для укрытия таких людей можно предусмотреть дооборудованные под ПРУ вместительные помещения в местах массового скопления людей.

В рамках студенческой выпускной квалификационной работы бакалавра – дипломного проекта - предусмотрено дооборудовать городской дворец культуры (ДК) под ПРУ с системой фильтровентиляции или (и) регенерации воздуха на 500 чел.

Затраты на дооборудование включают материальные затраты, оплату труда работников, монтирующих оборудование, единый социальный налог, амортизационные отчисления, прочие расходы. Результаты представлены в таб. 1, 2.

Таблица 1. Материально-техническое обеспечение ПРУ

Перечень средств	Стоимость 1 шт., руб.	Требуемое кол-во, шт.	Сумма, руб.
Аптечка АИ	100	500	50 000
Аптечка (большая)	500	2	1 000
Бачок для питьевой воды (вместимостью 20 л)	200	100	20 000
Бачок с тэнами для кипятка (вместимостью 20 л)	1 500	5	7 500
Шкаф для хранения медикаментов	3 000	1	3 000
Ёмкость для хранения отходов	300	2	600
Термометр	100	5	500
Психрометр	100	5	500
Барометр	100	5	500
ИТОГО:			83 600

Таблица 2. Стоимость проектируемых установок (регенерации, вентиляции и фильтровентиляции воздуха)

Перечень средств	Стоимость 1 шт. (м), руб.	Требуемое кол-во, шт.	Сумма, руб.
Вентилятор (электроручной) (ЭРВ-72-2)	50 000	2	100 000
Вентилятор, работающий в системе чистой вентиляции (ВЦ-14-46)	30 000	1	30 000
Воздуховод	500	116,4	58 200
Фильтр грубой очистки (ФЯР)	20 000	1	20 000
Фильтр-поглотитель (ФП-300)	40 000	4	160 000
Устройство 300 для регенерации воздуха	70 000	3	210 000
Кислородный баллон	3 000	17	51 000
Прочие устройства			20 000
Изолирующий материал	10	100	1 000
ИТОГО:			1 099 200

Общая стоимость оборудования ДК под ПРУ, вместимостью 500 человек составит $83\ 600 + 1\ 099\ 200 = 1\ 182\ 800$ руб. Приблизительно стоимость оборудования на одного человека – 23 656 руб. Тогда в приблизительной оценке на всех жителей города (55 500 чел) сумма затрат составит 131 290 800 руб.

Рассчитали затраты на оплату труда пяти работников, производящих работы, связанные с установлением проектируемой системы воздухообеспечения и прокладкой изоляционного материала по периметру дверных и оконных проемов, при размере оплаты работника 1000 руб./день и при условии, что срок выполнения работ – 20 дней. Зарплата одного работника составит: $1\ 000 \times 20 = 20\ 000$ руб. Тогда зарплата всех работников, занятых данным видом работы, $20\ 000 \times 5 = 100\ 000$ руб. Общие затраты, необходимые для дооборудования ПРУ, составят: $1\ 182\ 800 + 100\ 000 = 1\ 282\ 800$ руб. Приблизительно в расчете на одного человека расходы составят $1\ 282\ 800 / 500 = 2\ 565,6$ руб.

Социально-экономический ущерб (потери людей при аварии) оценили при условиях:

1. ПО «ЭХЗ» является градообразующим объектом города Зеленогорска, население которого составляет 60 000 человек, из которых 9 000 человек – работники завода. В связи с этим, при возможной аварии на ПО «ЭХЗ» часть работников будет находиться в городе, а часть - наибольшая работающая смена (НРС) - на заводе.
2. НРС работников ПО «ЭХЗ» полностью обеспечена убежищами с достаточными коэффициентом защиты и вместимостью.

3. Численность населения, исключая НРС ПО «ЭХЗ», составляет 55 500 человек. В городе не предусмотрены специальные помещения для укрытия в случае радиационного загрязнения. Таким образом, возможные потери населения рассчитываются исходя из этого условия. При укрытии в помещениях без средств индивидуальной защиты (СИЗ) прогнозируемые потери людей составят около 50%. Из них со смертельным исходом - 35 %. Расчет численности людей, получивших поражения и количество смертей до оборудования ПРУ. Таким образом, общие радиационные потери города составят $55\,500 \times 50/100 = 27\,750$ человек; из общих потерь – со смертельным исходом – $2\,775 \times 35/100 = 9\,710$ случаев.

При своевременном оповещении о радиационной опасности и принятии экстренных мер для укрытия в ДК, дооборудованном под ПРУ, можно полностью исключить радиационные потери людей.

При условии дооборудования подвальных помещений под ПРУ аналогичным образом в расчете на всё население города Зеленогорска, потери людей можно исключить полностью при своевременном оповещении и организации действий по укрытию и медицинскому обеспечению территориальными службами ГОЧС.

По приблизительным оценкам государство оценивает через систему страхования в подобных ЧС одну человеческую жизнь в 430 000 руб [3]. Тогда стоимость жизни 87 человек из числа общих радиационных потерь составит $430\,000 \times 87 = 37\,410\,000$ руб. Из 250 человек 163 человека получают радиационное поражение разной степени. Рассчитаем затраты на лечение и выплаты по больничным листам при условии, что все эти люди будут находиться на лечении в течение 30 дней [3]. Величина пособия по временной нетрудоспособности в день составит 500 руб, продолжительность отсутствия пораженных на работе в среднем – 30 дней. Выплаты пособий по временной нетрудоспособности в расчете на одного человека, определим по формуле

$$S_B = W_B T_B,$$

где W_B – величина пособия по временной нетрудоспособности, руб. дни;

T_B – период выплаты пособия по временной нетрудоспособности, дни.

$S_B = 500 \cdot 30 = 15\,000$ руб. Учтем, что 50 % из 163 пораженных становятся временно не трудоспособны, а оставшиеся 50 % проходят лечение в стационаре. Тогда расходы на выплату по временной нетрудоспособности составят $S_B = 15\,000 \cdot 81 = 2\,445\,000$ руб.

Расходы на клиническое лечение людей определяются по формуле

$$S_{кл} = S_d + S_B T_d,$$

где S_d – средняя стоимость доставки одного человека в больницу, руб; S_B - средние расходы больницы на одного человека, руб. дни; T_d - период нахождения в больнице человека, дни.

Средняя стоимость доставки пострадавшего в больницу равна 200 руб. Средние расходы больницы на одного пострадавшего 300 руб. Продолжительность нахождения пораженного в больнице 14 дней.

Расходы на клиническое лечение одного человека составят $S_{кл} = 300 + 200 \cdot 14 = 7\,000$ руб. Таким образом, расходы на 82 человека из числа пораженных (163 человека), проходящих клиническое лечение составят $S_{кл} = 7\,000 \cdot 82 = 574\,000$ руб.

Сумма затрат по временной нетрудоспособности и затрат, связанных со смертельным исходом и больничным листам, составит $W = 37\,410\,000 + 2\,445\,000 + 574\,000 = 40\,429\,000$ руб. Приблизненно в расчете на каждого жителя города – 80 858 руб.

Сравнили сумму, затраченную на оборудование ПРУ, с ущербом, связанным с радиационными потерями. Сумма, затраченная на оборудование ПРУ, составит $C = 1\,182\,800$ руб. Сумма ущербов, связанных с радиационными потерями, $W = 4\,487\,691\,000$ руб. Таким образом, видно, что ущерб значительно превышает затраты на ПРУ.

При условии обеспечения всех жителей города ПРУ и своевременном реагировании ущерб в случае принятия защитных мер, W' можно принять равным 0. Тогда предотвращенный ущерб будет равен прямому ущербу: $\Delta W = W - W' = W$. Коэффициент предотвращенных потерь $\alpha_w = \Delta W / W = 1$.

Показатель эффективности защитных мер (Ξ) рассчитываем как отношение предотвращенного ущерба к затратам на оборудование ПРУ: $\Xi = \Delta W / C$. $\Xi = 4\,487\,691\,000 / 1\,182\,800 = 37\,941\,250$ руб. Итоговое представление результатов экономической эффективности отражено в табл. 3.

Таблица 3. Эффективность проектных решений

Социально-экономический ущерб	Затраты на оборудование ПРУ
В расчете на 500 человек	
Ущерб от смертельных исходов 37 410 000 руб.	Материально-техническое, медицинское обеспечение ПРУ 83 600 руб.
Выплата пособий по временной нетрудоспособности 2 445 000 руб.	Стоимость вентиляционной и регенеративной установок 999 200 руб.
Расходы на клиническое лечение 574 000 руб.	Оплата труда 100 000 руб.
Итого 40 429 000 руб.	Итого 1 182 800 руб.
В расчете на 55 500 человек	
Итого 4 487 691 000 руб.	Итого 131 290 800 руб.
Эффективность проектных решений 37 941 250 руб.	

Важно отметить, что в комплекс инженерно-технических и других специальных превентивных мероприятий по защите населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени в обязательном порядке необходимо включить:

1. Обеспечение информирования и совершенствование систем оповещения персонала и населения о режимах использования защитных сооружений, проведение обучающих занятий.
2. Накопление фонда защитных сооружений за счет приспособления подвалов и заглубленных помещений, подземных переходов и других пригодных помещений, герметизация и уплотнение помещений наземных зданий различного назначения в опасных зонах. При дооборудовании защитных сооружений предпочтение отдавать сооружениям, встроенным в здания культурнобытового, административного, производственного назначения, жилые дома.
3. Накопление средств индивидуальной защиты, материалов для специальной обработки поверхностей.
4. Подготовка транспорта и маршрутов эвакуации из категорированных городов и опасных зон, планирование организации вывоза, размещения и жизнеобеспечения в районах размещения [4].

В расчетах на укрытие населения целесообразно рассматривать два возможных случая: дневное время, когда на производстве находится большая часть населения; ночное время, когда на производстве находится, в основном, вторая и третья смены объектов с круглосуточным циклом производства, а остальное население – по месту жительства. Потребность в защитных сооружениях устанавливается по наибольшей численности населения в жилом районе или населенном пункте. При подсчете потребных для укрытия населения защитных сооружений необходимо учитывать людей, отсутствующих на работе или дома. Вместимость убежищ на предприятиях должна быть меньше на 17 %, а защите подлежит 83 % работающих (8 % – отпуск; 6 % – больные; 3 % – командировка). Численность работающих, находящихся дома, уменьшается на 8,5 %, а укрывать необходимо 91,5 % (4 % – отпуск; 3 % – командировка; 1,5 % – больные). Что касается укрытия неработающего населения (школьники и др.), то их численность снизится до 1,5 % (в больницах), а защитные сооружения рассчитываются на 98,5 % от всей численности [4, 5].

При определении вместимости защитных сооружений расчетную численность укрываемого населения необходимо определять из условия, что численность постоянно проживающего населения подсчитывается по жилому фонду; общая жилая площадь оценивается по опорным и проектируемым жилым домам в зонах доступности защитных сооружений; численность трудоспособных среди постоянного населения зон можно принимать исходя из общей численности работающих на предприятиях с многосменным режимом труда (в первую смену работает 65 %, во вторую 25 % и в третью – 10 %); для подсчета укрываемых по месту работы принимается, что днем работает 1-я смена, ночью – 2-я и 3-я смены; численность наибольшей рабочей смены предприятий, организаций и учреждений, не прекращающих производственную деятельность в военное

время (если отсутствуют сведения из их планов на расчетный год), рекомендуется принимать 65 % от списочной в мирное время [4-8].

К помещениям, приспособляемым под противорадиационные укрытия, предъявляются следующие требования:

- наружные ограждающие конструкции зданий или сооружений должны обеспечивать необходимую кратность ослабления гаммаизлучения;
- проемы и отверстия должны быть подготовлены для заделки их при переводе помещения на режим укрытия;
- помещения должны быть расположены вблизи мест пребывания большинства укрываемых.

Воздухоснабжение укрытий следует осуществлять в режиме фильтровентиляции, можно использовать противопылевые фильтры: ячеистый рамочный, предфильтр-поглотитель или простейшие фильтры: песчанно-гравийная смесь, солома и т.п. Системы жизнеобеспечения укрытий должны быть рассчитаны на 12 часов пребывания укрываемых [7, 8].

Список использованных источников

1. Безопасность России. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. – М.: 1999. – 592 с.
2. Постановление Правительства РФ от 29.11.1999 N 1309 (ред. от 30.10.2019) «О Порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны»
3. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций (утв. МЧС России 01.12.2004).
4. Свод правил (СП 165.1325800.2014). Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. (Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90) [Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/normative-documents/sp-165-1325800-2014-itm-po-go-snip-2-01-51-90/> (дата обращения: 15.10.2020).
5. СНиП 11-01-95 “Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений”.
6. ГОСТ Р 55201-2012 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства.
7. СНиП 2.01.54-84 Защитные сооружения гражданской обороны в подземных горных выработках. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054207> (дата обращения: 15.10.2020).
8. СП 32-106-2004 Метрополитены. Дополнительные сооружения и устройства. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035935> (дата обращения: 15.10.2020).

О пожарах и состоянии пожарной безопасности на объектах учреждений и органов уголовно-исполнительной системы Российской Федерации

Калач Андрей Владимирович

доктор химических наук, профессор

Дмитриев Евгений Вячеславович

ФГБОУ ВО Воронежский институт ФСИН России

Аннотация: В статье приводятся статистические данные о состоянии пожарной безопасности на объектах учреждений и органов уголовно-исполнительной системы Российской Федерации за 2019-20 г.г. Особый акцент сделан на основные причины пожаров. Предложен комплекс мер, направленных на повышение уровня пожарной безопасности на объектах учреждений и органов уголовно-исполнительной системы Российской Федерации.

Ключевые слова: объекты уголовно-исполнительной системы, пожарная безопасность, нарушения, статистика, пожарная техника

По состоянию на 1 сентября 2020 г. в учреждениях уголовно-исполнительной системы содержалось 493 310 чел. (-30 618 чел. к 01.01.2020), в том числе

- в 684 исправительных колониях отбывало наказание 386 737 чел. (-37 088 чел.), в том числе:
- в 111 колониях-поселениях отбывало наказание 29 990 чел. (-3 225 чел.);
- в 7 исправительных колониях для осужденных к пожизненному лишению свободы и лиц, которым смертная казнь в порядке помилования заменена лишением свободы отбывало наказание 1 989 чел. (-23 чел.);
- в 209 следственных изоляторах и 92 помещениях, функционирующих в режиме следственного изолятора при колониях, содержалось – 104 438 чел. (+6 657 чел.);
- в 8 тюрьмах отбывало наказание 1 183 чел. (+16 чел.);
- в 22 воспитательных колониях для несовершеннолетних – 952 чел. (-203 чел.) [1].

В 2019 году на объектах учреждений и органов ФСИН России зарегистрировано 22 пожара (аналогичный период 2018 года – 30), материальный ущерб составил 2456 тыс. рублей (аналогичный период 2018 года – 3164 тыс. рублей), погиб 1 сотрудник (аналогичный период 2018 года – 1 осужденный), пострадало – 9 человек (аналогичный период 2018 года – 1 осужденный).

Анализ и обобщение данных о пожарах позволил установить, что основными причинами пожаров являлись систематическое неисполнение требований законодательства Российской Федерации и указаний ФСИИ России, направленных на обеспечение противопожарного режима подведомственных учреждений и органов УИС; нарушения правил установки, эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов; неудовлетворительное, несвоевременное обслуживание и небезопасная эксплуатация котельного оборудования и электрических сетей учреждений; не организованный должным образом надзор за эксплуатацией печного оборудования сотрудниками ведомственной пожарной охраны; недостаточно эффективная работа по внедрению систем пожарной автоматики на подведомственных объектах; отсутствие организации работы и надлежащего функционирования пожарно-технических комиссий; проблема комплектования работников подразделений ведомственной пожарной охраны; близкое к неудовлетворительному состояние пожарной техники и пожарно-технического вооружения; поджоги и неосторожное обращение с огнем.

Кроме того, не проводится анализ выявленных нарушений федерального законодательства в части организации курения табака, не дается оценка эффективности принимаемых мер, направленных на профилактику пожаров.

В отчетном периоде 2020 года по сравнению с 2019 годом количество пожаров снизилось с 23 случаев до 12, материальный ущерб – с 7 млн. 61 тыс. рублей до 142,2 тыс. рублей.

В целях повышения уровня пожарной безопасности объектов учреждений и органов УИС, боеготовности подразделений ведомственной пожарной охраны (ВПО) осуществлена закупка пожарно-технической продукции на сумму свыше 88 млн. рублей.

В учреждения и органы УИС поставлены 4000 напорных пожарных рукавов, 960 пожарных напорно-всасывающих рукавов, 10000 огнетушителей, 9000 самоспасателей, 1174 стволов пожарных и 55 мотопомп.

В настоящее время осуществляется закупка 10 пожарных автомобилей, 14 единиц пожарной техники отремонтированы на сумму более 4,3 млн. рублей.

С целью закрепления навыков реагирования на чрезвычайные ситуации, связанные с возникновением пожаров, в первом полугодии 2020 года подразделениями ВПО организовано 18318 пожарно-тактических занятий (учений) на объектах учреждений и органов УИС, еще 276 занятий осуществлено совместно с подразделениями Федеральной противопожарной службы МЧС России.

За истекший период 2020 года подразделения ВПО 632 раза участвовали в ликвидации пожаров, последствий аварий и стихийных бедствий на объектах, не входящих в УИС.

По результатам осуществления ведомственного пожарного надзора и работы по профилактике пожаров была приостановлена деятельность (эксплуатация) 362 объектов, находящихся в неисправном состоянии, изъято более 26 тысяч самодельных либо находящихся в неисправном состоянии электроприборов. Наибольшее количество изъятий таких электроприборов зарегистрировано в (ГУ)ФСИН

России по Нижегородской (1744 изъятия), Новосибирской (1555) областям, Ставропольскому краю (1495), Волгоградской области (1202), Республике Татарстан (1095).

Оснащенность объектов учреждений и органов УИС системами автоматической пожарной сигнализации, в среднем по стране, составляет 87,9 % (аналогичный показатель 2019 года составляет 87,7 %).

Указанные факты допущенных чрезвычайных происшествий и выявленные нарушения действующих требований нормативных правовых документов в сфере обеспечения пожарной безопасности свидетельствует о необходимости проведения профилактических и пропагандистских работ с личным составом учреждений и органов уголовно-исполнительной системы Российской Федерации.

Кроме того, с учетом отмеченных в докладе недостатков следует расширить комплекс мер, направленных на повышение уровня пожарной безопасности на объектах учреждений и органов уголовно-исполнительной системы Российской Федерации.

Список использованных источников

1. Интернет-ресурс Краткая характеристика уголовно-исполнительной системы [Электронный ресурс]. – режим доступа, свободный: <http://fsin.gov.ru/structure/inspector/iao/statistika/> Краткая%20хар-ка%20УИС/ (01.10.2020).

Анализ причин и условий возникновения пожаров в стационарных учреждениях здравоохранения

Оберемченко Наталья Дмитриевна

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье рассмотрены основные причины пожаров на объектах здравоохранения, статистика пожаров за 2018-2019 г.

Ключевые слова: пожары, учреждения здравоохранения, меры профилактики и борьбы.

В последнее время наблюдается тенденция к справедливому ужесточению норм пожарной безопасности для существующих и строящихся лечебно-профилактических учреждений. Однако часто реализация данных требований связана со сложностями как организационного, так и чисто технического характера.

В среднем ежедневно на лечении в стационаре в 8 400 больницах, 1 502 поликлиниках, 106 клиниках научно-исследовательских институтов, образовательных организации высшего образования и лечебно-профилактических учреждениях в нашей стране находится около 3 млн. чел., около 130 тыс. больных получают лечение в дневных стационарах. Нельзя утверждать, что все перечисленные группы людей - маломобильны, но, однако очень многие больные ежесуточно в стране находятся на лечении в лечебно-профилактических учреждениях в беспомощном положении по состоянию здоровья. Если добавить к этой цифре пациентов в домах престарелых и интернатах, то станет ясно, насколько важен вопрос об оказании им необходимой помощи извне при пожарах в этих учреждениях.

Согласно статистическим данным за 2019 год на территории Российской Федерации произошло 376 пожаров на объектах здравоохранения (АППГ -320). Отрицательная динамика (рис. 1 Отрицательная динамика на территориях Российской Федерации за 2018-2019 гг) наблюдается на территориях Северо-Западного - 52 пожара (АППГ-44), Уральского - 50 пожаров (АППГ-24), Южного - 28 пожаров (АППГ-22), Северо-Кавказского - 12 пожаров (АППГ-11), Сибирского - 65 пожаров (АППГ-41) и Дальневосточного - 46 пожаров (АППГ -43) федеральных округов. Снижение количества пожаров отмечается в Центральном - 74 пожара (АППГ-84) и Приволжском - 49 пожаров (АППГ-50) федеральных округах (рис. 2 Положительная динамика в федеральных округах Российской Федерации за 2018-2019 гг.).

По данным пожарной статистики Международной ассоциации пожарных и спасательных служб (ЦПС КТИФ) за 2019 год, в проанализированных странах ежегодно регистрировалось 3,1-4,5 млн. пожаров, при которых погибло 24-26 тыс. человек. Всего за 20 лет в этих странах жертвами 80 млн. пожаров стали почти

1 млн. человек. По числу пожаров лидирует США, где ежегодно регистрируют 1,2-1,4 млн. пожаров. По числу погибших лидирует Индия и Пакистан, где число жертв ежегодно составляет 10-20 тыс. человек. При этом на каждые 100 тыс. человек в среднем при пожарах погибли за год 1,9 тыс. человек и 5,9 человек получили травмы, на каждые 100 пожаров приходится в среднем 0,8 погибших и 2,4 человек травмированных. Больше всего жертв пожаров на 100 тыс. человек населения приходятся на Беларусь и Украину.

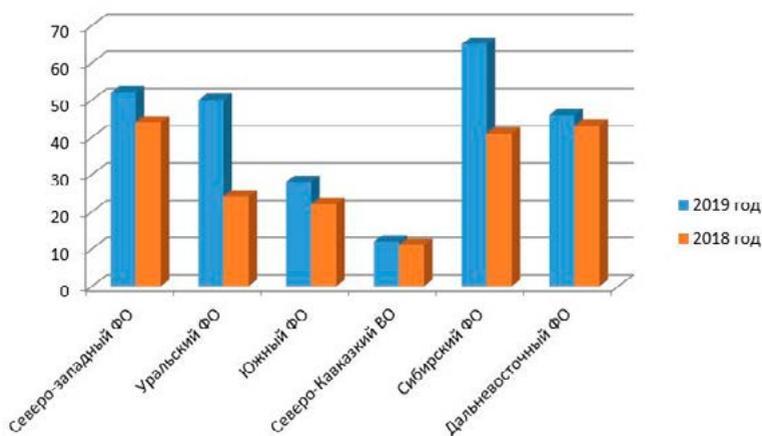


Рис. 1 Отрицательная динамика на территориях Российской Федерации за 2018-2019 гг.

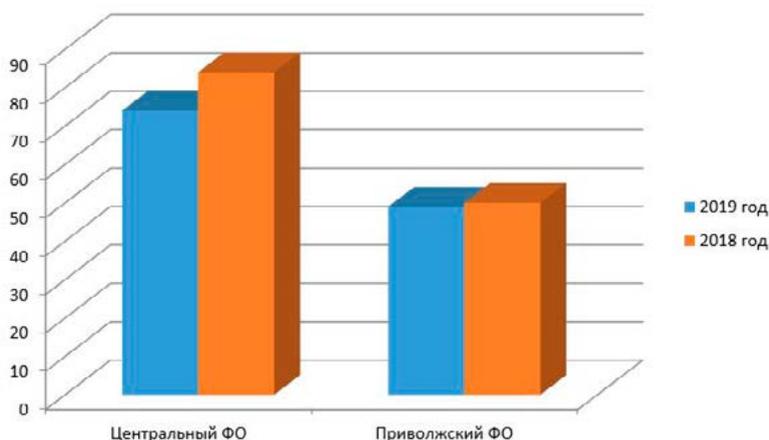


Рис. 2 Положительная динамика в федеральных округах Российской Федерации за 2018-2019 гг.

Наиболее распространенными причинами пожаров в России послужили неосторожное обращение с огнем (36%), нарушение правил устройства эксплуатации электрооборудования (30%) и бытовых электроприборов и неосторожность при курении (23%), а значит в системе обеспечения пожарной безопасности необходимо особое внимание уделять комплексу организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Вместе с тем, при проведении проверок сотрудниками государственного пожарного надзора объектов здравоохранения, оказалось, что лечебно-профилактические учреждения находятся в неудовлетворительном состоянии отсутствуют системы предупреждения пожаров и противопожарные защиты, а именно нет систем автоматизированной пожарной сигнализации и оповещения людей при пожаре. Очень часто в лечебно-профилактических учреждениях во время пожара оказываются заблокированными эвакуационные выходы, двери на запасные лестницы находятся на замках, отсутствует система оповещения о возгорании, неправильно устроены двери (они должны открываться по ходу движения). Отсутствует огнезащитная обработка деревянных конструкций; не укомплектованность лечебно-профилактических учреждений первичными средствами пожаротушения, индивидуальными средствами защиты органов дыхания. Что говорит о необходимости совершенствования систем предупреждения пожара и системы противопожарной защиты лечебно-профилактических учреждений здравоохранения.

Список использованных источников

1. Статистика пожаров за 2019 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2019 году. Под общей редакцией Гордиенко Д.М. -М.: ВНИИПО, 2020 [<https://fireman.club/literature/statistika-pozharov-za-2019-god-pozharyi-i-pozharnaya-bezopasnost-v-2019/>]
2. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).
3. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 08.10.2018 № 431 «О внесении изменений в Порядок учета пожаров и их последствий, утвержденный приказом МЧС России от 21 ноября 2008 г. № 714» (с изменениями).
4. Статистические данные Центра пожарной статистики Международной ассоциации пожарно-спасательных служб.

Некоторые аспекты обеспечения безопасности граждан различных групп мобильности при пожаре на объекте с круглосуточным пребыванием людей

Чепелев Александр Викторович¹

Дмитриенко Софья Александровна²

Беляев Антон Сергеевич¹

Чув Кирилл Максимович¹

Гулин Ян Павлович¹

¹ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет

Аннотация: в статье рассматриваются аспекты защиты граждан относящихся к мобильным, маломобильным и немобильным группам при пожаре на объектах с круглосуточным пребыванием людей.

Ключевые слова: обеспечение пожарной безопасности граждан, находящихся в медицинских учреждениях и учреждениях социального обслуживания, пожары на объектах с массовым и круглосуточным пребыванием людей, группы и категории мобильности граждан.

Обстановка в России с техногенными пожарами остается напряженной. По статистическим данным в 2019 году в России произошло 471537 пожаров, спасено 226319 человек и материальных ценностей на сумму 62,2 млрд. рублей, погибли 8567 человек, в том числе 406 детей, травмированы 9477 человек, материальный ущерб от пожаров составил 18,2 млрд. рублей. По сравнению с 2018 годом количество пожаров выросло на 257%, погибших - на 8,3%, размер материального ущерба увеличился на 17,1%, число травмированных снизилось на 1,8%.

Особенно остро эта проблема ощущается по случаям пожаров и возгораний на социально-значимых объектах, в местах с массовым пребыванием граждан, в частности в социальных и медицинских учреждениях с круглосуточным пребыванием пациентов, относящихся к различным группам мобильности. Зачастую последствиями данных пожаров является гибель и травмирование пациентов, медицинского персонала, большой материальный ущерб, угроза жизни и здоровью большому количеству граждан.

Это обстоятельство подтверждает недавний случай пожара, произошедший в частной наркологической клинике г. Красноярска, на котором в результате поджога погибли четыре человека и пострадали двое. В данной клинике незаконно было организовано круглосуточное, стационарное лечение граждан.

Так, в 2019 году общее количество пожаров в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания по сравнению с 2018 годом увеличилось в 1,3 раза, что составляет 25,6%, а по сравнению с 2017 годом – в 1,4 раза, что составляет 43,3% (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Распределение основных показателей обстановки с пожарами за 2015-2019 гг. в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания

Показатель	Количественные показатели по годам				
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Количество пожаров, ед.	111	102	155	195	245
Спасено, чел.	599	479	254	630	819
Погибли, чел.	25	2	1	1	7
Травмированы, чел.	32	15	15	0	0
Эвакуированы, чел.	2069	3946	2942	4603	6987
Прямой материальный ущерб, тыс. руб.	23503,347	33771,667	366751,611	8722,964	21192,670
Количество медицинских учреждений*, ед.	5400	5400	5300	5300	5200
Коечный фонд*, ед.	1222000	1197200	1182700	1152400	1124000

Примечание:

* - численность медицинских учреждений и коечный фонд без учета учреждений социального обслуживания.

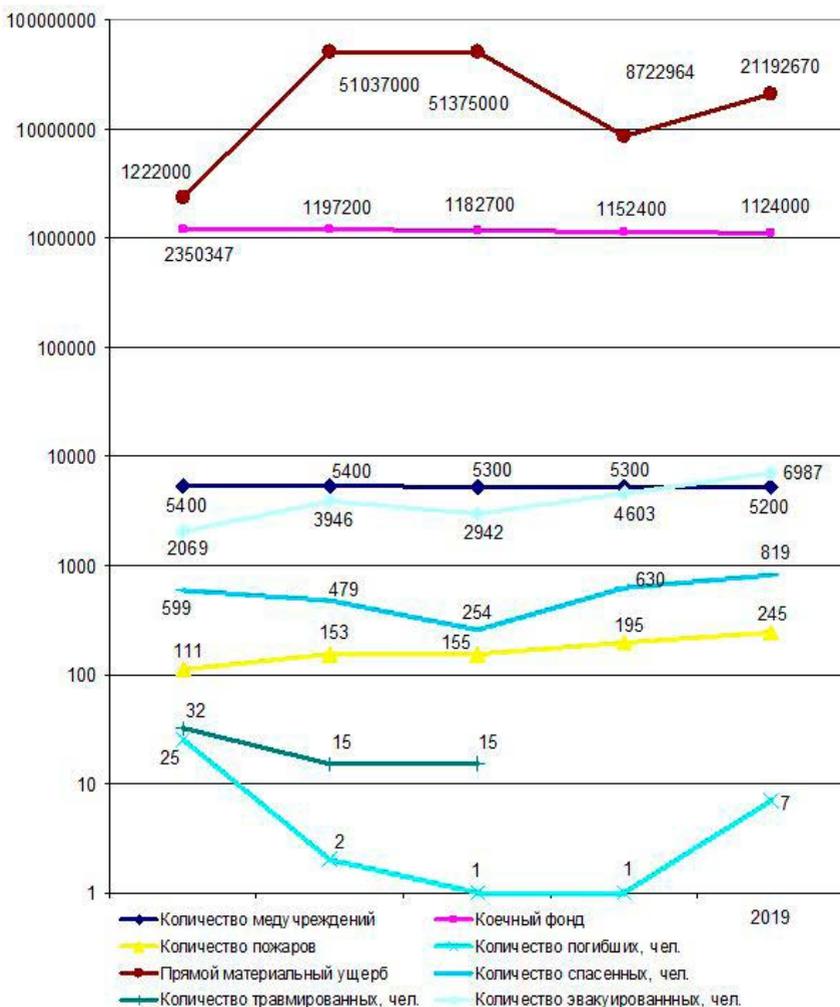


Рис. 1. Гибель людей на пожарах в России

Следует отметить, что в 2019 году большую долю всех пожаров в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания составили пожары в лечебных учреждениях со стационаром – 110 случаев (44,9%). По сравнению с 2018 и 2017 годами в 2019 году произошло увеличение количества пожаров на объектах данного типа в 1,2 раза (на 20 случаев) и в 2,2 раза (на 61 случай) соответственно (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2. Количество пожаров в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания в 2017-2019 г.г. по объектам принадлежности

Принадлежность учреждений здравоохранения и социального обслуживания	Количество пожаров в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания по годам					
	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
	случаи	%*	случаи	%*	случаи	%*
Учреждения здравоохранения и социального обслуживания, из них в (на):	155	100	195	100	245	100
лечебных учреждениях со стационаром	49	31,6	90	51,4	110	44,9
амбулаторно-поликлинических и медико-оздоровительных учреждениях	64	41,3	43	24,6	53	21,6
учреждениях социального обслуживания населения со стационаром	11	7,1	11	6,3	21	8,6

Примечание:

* - процент количества пожаров от общего количества пожаров учреждениях здравоохранения и социального обслуживания в соответствующем году.

Также в 2019 году по сравнению с 2018 годом произошёл рост количества пожаров в учреждениях социального обслуживания населения со стационаром в 1,9 раза (на 10 случаев). Увеличение количества пожаров в 2019 году по сравнению с 2018 годом произошло и в амбулаторно-поликлинических и медико-оздоровительных учреждениях. Рост составил 23,3% (в 1,2 раза), что соответствует 10 случаям.

Количество пожаров в 2019 году по сравнению с 2018 годом в учреждениях социального обслуживания населения без стационара увеличились в 6,5 раз (на 11 случаев).

Снижение количества пожаров в 2019 году по сравнению с 2018 годом наблюдается в учреждениях здравоохранения, относящихся к медико-реабилитационным и коррекционным учреждениям. Количество зарегистрированных пожаров уменьшилось в 2 раза (на 3 случая).

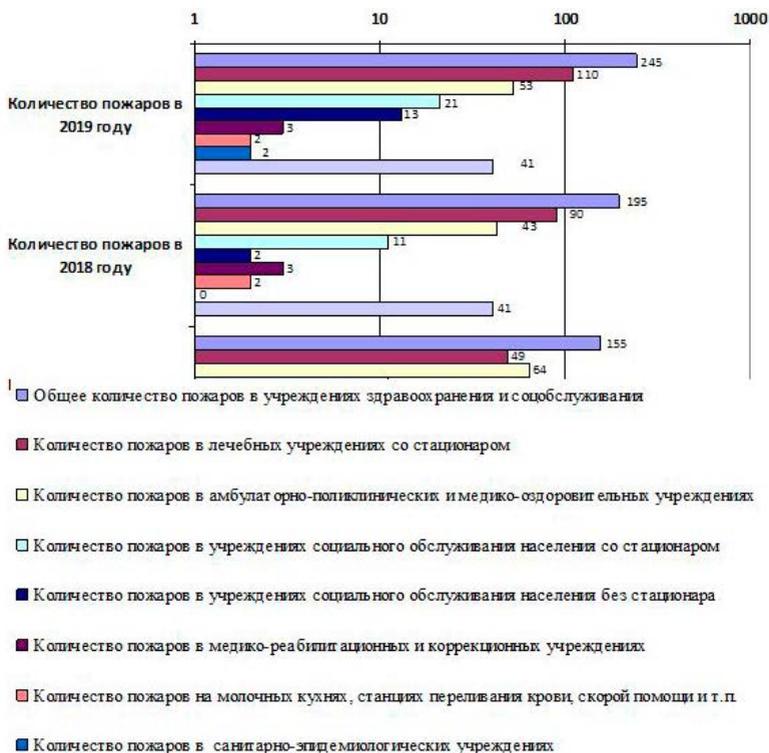


Рис. 2. Количество пожаров в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания в 2017-2019 г.г. по объектам принадлежности

Ниже приведены наиболее серьезные пожары на социально-значимых объектах, в местах с массовым пребыванием граждан с наибольшим количеством погибших и пострадавших, как в России, так и за рубежом:

- 3 июня 2020 года произошел пожар в отделении клинической инфекционной больницы им. Боткина г. Санкт-Петербурга. В результате пожара один пациент погиб.
- 23 мая 2020 года произошел пожар в больнице города Зеленодольск. В результате пожара 4 человека получили ожоги и отравление продуктами горения.
- 12 мая 2020 года произошел пожар в реанимационном отделении больницы Святого Георгия в Санкт-Петербурге. Эвакуировано 150 человек, погибли 5 пациентов одной палаты, позднее скончался еще один пострадавший.
- 11 мая 2020 года произошел пожар в пансионате «Второй дом» в Красногорске Московской области. В результате пожара погибли 10 человек.

- 9 мая 2020 года произошел пожар в стационаре инфекционного лечебного корпуса 50-й больницы им. С.И. Спасокукоцкого в г. Москве. Из горящего здания было эвакуировано 295 человек. На пожаре погибла 1 пациентка, пострадало 3 пациента.
- 12 апреля 2020 года произошел пожар в КГБУЗ Красноярский краевой наркологический диспансер.
- 8 апреля 2020 года произошел пожар в четырёхэтажном здании дома престарелых на западе Москвы. В результате пожара погибли 2 человека, пострадали 10 человек. Из здания было эвакуировано около 50 человек, ещё 13 спасены.
- 12 февраля 2020 года из-за короткого замыкания в подвальном помещении произошел пожар в больнице № 4 г. Пермь. Всего было эвакуировано 420 человек.
- 19 января 2020 года произошёл пожар в доме престарелых на западе Чехии. В результате пожара пострадало 29 человек. Трое пострадавших госпитализированы в тяжёлом состоянии.
- 6 января 2020 года произошел пожар в хосписе в городе Хойнице на севере Польши. В результате пожара 4 человека погибли, 22 пострадали. Из горящего здания были эвакуированы 535 человек.
- 28 декабря 2019 года произошел пожар в одном из корпусов Клинической психиатрической больницы г. Новосибирска. Из горящего здания было эвакуировано 512 человек.
- 22 декабря 2019 года произошел пожар на первом этаже двухэтажного здания, в одной из палат дома инвалидов и престарелых в населенном пункте Савинский Плесецкого района Архангельской области. В пожаре пострадал 1 человек. Из здания было эвакуировано 40 человек, в том числе двое сотрудников дома престарелых.
- 14 декабря 2019 года произошел пожар в одной из палат наркологического диспансера города Тюмени. В результате пожара 1 человек погиб, пострадали 12 человек.
- 27 ноября 2019 года произошел пожар в больнице имени Николая Пирогова города Софии. В результате пожара погибли 2 человека, эвакуировано около 60 человек.
- 18 октября 2019 года произошел пожар в четырёхэтажном здании социально-реабилитационного центра «Алтуфьево» на северо-востоке Москвы. Эвакуированы 80 детей, 16 сотрудников администрации.
- 14 октября 2019 года произошел пожар в хирургического корпусе Городской клинической больницы № 64 им. Виноградова в г. Москве. Из здания было эвакуировано 117 человек.
- 15 сентября 2019 года произошел пожар в доме престарелых на юго-западе Германии в городе Идар-Оберштайн. В результате пожара 1 человек погиб, пострадали 21 человек.

- 10 сентября 2019 года произошел пожар в клинике Мариен в немецком Дюссельдорфе. В результате пожара один человек погиб и 72 серьезно пострадали.
- 7 сентября 2019 года из-за короткого замыкания произошел пожар в здании центральной районной больницы в городском округе Луховицы Московской области. Из здания было эвакуировано 85 человек.
- 2 сентября 2019 года произошло возгорание крыши родильного дома №7 г. Новосибирска. Из здания было эвакуировано 28 человек.
- 23 июля 2019 года из-за загорелся рентген-кабинет в терапевтическом отделении здания центральной районной больницы. Из здания было эвакуировано 110 человек.

По представленным статистическим данным показателей уровня пожарной безопасности в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания указывают на увеличение риска получения вреда жизни и здоровья граждан, находящихся на лечении (обслуживании) в учреждениях данного типа, а также сотрудниками этих учреждений при пожаре.

В случае возникновения пожара на объектах с массовым пребыванием людей, в первую очередь возникает вопрос эвакуации граждан, находящихся круглосуточно и относящихся к различной категории групп мобильности.

Безусловно, обеспечение безопасности граждан различной категории групп мобильности на всех этапах эвакуации и спасения определяется большим количеством факторов, в том числе и специфических, прямо или косвенно влияющих на эти мероприятия.

В соответствии со статистикой пожаров в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания процент погибших граждан категории маломобильных групп населения составляет около 75% от общей численности погибших граждан и причиной этого в большинстве случаев является то, что они не смогли своевременно, в необходимое время – до наступления критических значений опасных факторов пожара на путях эвакуации – покинуть горящее здание.

Проведенные расчеты научных исследований в области обеспечения пожарной безопасности [1], показывают, что на количество погибших при пожаре в учреждениях данного вида не оказывает сильного влияния снижение времени прибытия первых пожарно-спасательных подразделений к месту пожара по причине того, что приблизительно 90% всех жертв пожаров погибают в первые 5-7 минут развития пожара, до прибытия к месту первых пожарных подразделений, а время блокирования эвакуационных выходов в среднем составляет не более 3 - 4 минут.

В совокупности всех факторов, влияющих на обеспечение пожарной безопасности граждан, круглосуточно находящихся в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания и относящихся к различным группам мобильности, следует предусмотреть комплекс мероприятий и решений нормативно-правового, социально-экономического, материально-технического и научно-технического характера в области обеспечения пожарной безопасности.

По статистике, наиболее частыми причинами гибели людей от опасных факторов пожара являются действие продуктов горения (примерно 70% всех жертв пожаров) и действие высокой температуры (примерно 15% всех жертв) [1].

Среди прочих мер обеспечения пожарной безопасности граждан различных групп мобильности, круглосуточно находящихся в учреждениях здравоохранения и социального обслуживания были проведены исследования, в том числе с проведением практических экспериментов по оценке временных показателей обеспечения всех пациентов и медицинского персонала средствами индивидуальной защиты органов дыхания (самоспасателями) типа ГДЗК-У в зависимости от принадлежности граждан по группе мобильности, до начала эвакуации из горящего здания и прибытия пожарных подразделений.

В ходе практической части исследования, были проведены следующие эксперименты:

- эксперимент № 1 – определение времени надевания ГДЗК-У гражданами (пациентами) самостоятельно, отнесенных к мобильной группе;
- эксперимент № 2 – определение времени надевания ГДЗК-У гражданами (пациентами), отнесенных к маломобильной группе (М1 - М4) с помощью дежурного персонала;
- эксперимент № 3 – определение времени надевания ГДЗК-У на граждан (пациентов), отнесенных к немобильной группе (НМ) непосредственно дежурным персоналом.

Для определения общего времени защиты пациентов и служебного персонала при воздействии опасных факторов пожара при использовании ими ГДЗК-У была предложена расчетная формула 1:

$$\tau_{\text{общ. защиты}} = K_1 \times \tau_{\text{приб. на пост}} + K_2 \times \left(\frac{N_{\text{ГДЗК-У}}}{10} \right) \times (\tau_{\text{взятия}} + \tau_{\text{приб. в палату}} + (K_3 \times \sum_{i=1}^{N_{\text{п}}} \tau_{\text{перехода}}) + K_4 \times (N_{\text{пациенты}} \times \tau_{\text{раздачи}} + \tau_{\text{расположи}}) + K_5 \times \left(\tau_{\text{МП}}^{\text{надевания}} + \tau_{\text{МГ}}^{\text{надевания}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{ММГ}}} \tau_{\text{ММГ}}^{\text{надевания}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{НМГ}}} \tau_{\text{НМГ}}^{\text{надевания}} \right))$$

где $\tau_{\text{общ. затраты}}$ - общее время обеспечения пациентов (граждан) ГДЗК-У, с;

$\tau_{\text{приб. на пост}}$ - время, затрачиваемое медицинским (служебным) персоналом для прибытия на пост, с;

$N_{\text{ГДЗК-У}}$ - общее количество ГДЗК-У, шт;

$\tau_{\text{взятия}}$ - время взятия ГДЗК-У, с;

$\tau_{\text{приб. в палату}}$ - время прибытия медицинского (служебного) персонала в палату (комнату) для выдачи ГДЗК-У, с;

$\tau_{\text{перехода}}$ - время перехода медицинского (служебного) персонала из одной палаты (комнату) в другую, с;

$N_{\text{пациенты}}$ - количество пациентов, чел.;

$\tau_{\text{раздачи}}$ - время выдачи ГДЗК-У пациентам;

$\tau_{\text{распаковки}}^{\text{МП}}$ - время распаковки ГДЗК-У медицинским (служебным) персоналом, с;

$\tau_{\text{распаковки}}^{\text{МГ}}$ - время распаковки ГДЗК-У пациентами мобильной группы (эксперимент № 1), с;

$\tau_{\text{распаковки}}^{\text{ММГ}}$ - время распаковки ГДЗК-У пациентами маломобильной группы (эксперимент № 2), с;

$\tau_{\text{распаковки}}^{\text{НМГ}}$ - время распаковки ГДЗК-У пациентами немобильной группы (эксперимент № 3), с;

$\tau_{\text{надевания}}^{\text{МП}}$ - время надевания ГДЗК-У медицинским (служебным) персоналом, с;

$\tau_{\text{надевания}}^{\text{МГ}}$ - время надевания ГДЗК-У пациентами мобильной группы, с;

$\tau_{\text{надевания}}^{\text{ММГ}}$ - время надевания ГДЗК-У пациентами маломобильной группы, с;

$\tau_{\text{надевания}}^{\text{НМГ}}$ - время надевания ГДЗК-У пациентами немобильной группы, с;

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 - коэффициенты учитывающие характеристики и свойства объекта защиты (уровень освещенности внутри помещения, напольное покрытие и т.п.), факторы внешние (время года, время суток и т.д.) и характеристики медицинского персонала и пациентов (пол, возраст, вес, физическое и психоэмоциональное состояние, квалификация, степень обученности действиям при внештатных ситуациях и другие).

Расчеты основных статистических показателей экспериментов, проведены с использованием стандартного математического аппарата и программного обеспечения – математическо-аналитического модуля на языке программирования R.

Для расчета общего времени защиты пациентов и медицинского (служебного) персонала, на основе экспериментальных данных, в расчетах были приняты определенные ограничения.

В ходе исследований были подтверждены результаты о возможности обеспечения пациентов и медицинского (служебного) персонала самоспасателями типа ГДЗК-У (в соответствии с исходными данными и принятыми ограничениями) во временном интервале меньшем, чем время наступления критических значений опасных факторов пожара (по концентрации продуктов горения в воздухе и снижения концентрации кислорода в воздухе) и время блокирования эвакуационных выходов, что в свою очередь повышает защищенность пациентов и медицинского (служебного) персонала до проведения спасательных работ пожарно-спасательными подразделениями.

Список использованных источников

1. Брушлинский, Н.Н. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность, 2011. – Том 20, № 9.
2. Спектор, И. Спасение маломобильных людей с высоты при пожаре и ЧС / И.Спектор //Каталог «Пожарная безопасность»-2017 / Сайт; Secuteck.ru.
3. Фомин, А.И., Бесперстов Д.А. Разработка методики оценки пожарной безопасности объекта и обеспечения работников средствами спасения при пожарах. Журнал «Охрана труда и пожарная безопасность» №12, 2016.
4. Эвакуация и спасение людей при пожарах в домах престарелых: учеб. пособие/ Р.Н. Истратов, В.В. Холщевников, Д.А. Самошин; под общ. ред. Б.Б. Серкова.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 94 с.
5. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
6. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Обеспечение пожарной безопасности на основе анализа обстановки с пожарами и их последствиями (на примере Иркутской области)

Майорова Анна Владимировна^{1,2}

¹ГУ МЧС России по Иркутской области

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Ведущая роль в обеспечении пожарной безопасности и минимизации последствий произошедших пожаров отведена профилактической работе (далее – профилактика). Для эффективного планирования и проведения такой работы необходимо понимание эффективности и достаточности применяемых форм профилактики. Для выявления корреляций возникновения пожаров и проведенной профилактической работы проведем анализ пожарной обстановки в Российской Федерации и Иркутской области.

Условно разделим проводимую профилактическую работу на два сектора. Первый – контрольно-надзорная деятельность МЧС России, которая включает в себя: количество проведенных плановых мероприятий (плановых проверок), количество проведенных внеплановых мероприятий (внеплановых проверок). Второй сектор – проводимая агитационно-разъяснительная деятельность.

Рассмотрим первый сектор профилактики – контрольно-надзорную деятельность (далее – надзорная деятельность). Для этого в пятилетней динамике проанализируем влияние надзорной деятельности на состояние с пожарами в Российской Федерации и Иркутской области.

Таблица 1. Статистические данные о количестве проведённых плановых, внеплановых мероприятий сотрудниками, осуществляющими государственный надзор за выполнением установленных требований пожарной безопасности в Российской Федерации

	2014	2015	2016	2017	2018
Количество плановых проверок, ед.	5 721	168 583	114 158	78 206	76 282
Количество внеплановых проверок, ед.	10 026	231 670	131 972	95 281	147 585

Полученные данные, позволяют нам отметить, что в пятилетней динамике обстановка с пожарами в Российской Федерации остается на одном уровне, с незначительной тенденцией к снижению. При этом показатель контрольно-надзорной деятельности не имеет устойчивой тенденции и принимает скачкообразную форму. Из этого следует что корреляции между этими данными не наблюдается.

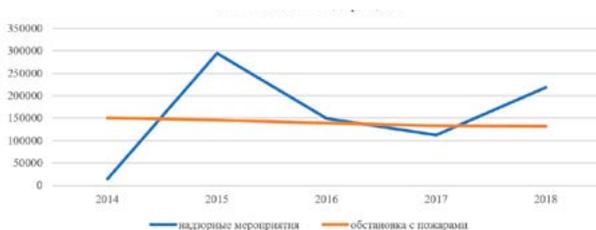


Рис. 1. Влияние надзорных мероприятий на обстановку с пожарами в Российской Федерации

Таблица 2. Статистические данные о количестве проведённых плановых, внеплановых мероприятий сотрудниками, осуществляющими государственный надзор за выполнением установленных требований пожарной безопасности в Иркутской области

	2014	2015	2016	2017	2018
Количество плановых проверок, ед.	5425	4346	2571	1869	1283
Количество внеплановых проверок, ед.	3358	3189	3087	2974	2930

Проведя анализ в пятилетней динамике аналогичных данных по субъекту Российской Федерации Иркутской области, наблюдаем следующее. При общей и устойчивой тенденции снижения (ослабления) контрольно-надзорной деятельности, обстановка с пожарами остается стабильно устойчивой, отмечается незначительное снижение пожаров.

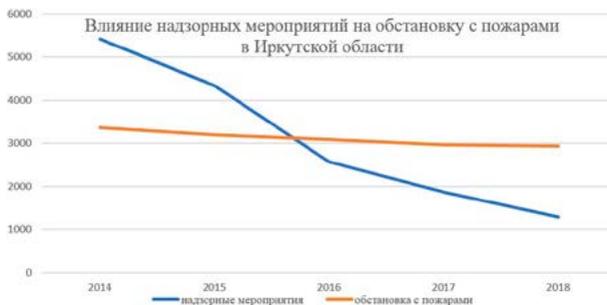


Рис. 2. Влияние надзорных мероприятий на обстановку с пожарами в Иркутской области

Итак, проанализировав вышеуказанные данные, можно сделать вывод, что часть профилактической деятельности заключающаяся в контрольно-надзорной деятельности не оказывает существенного влияния на обстановку с возникающими пожарами.

Далее рассмотрим второй условный сегмент профилактики – агитационно-профилактическая деятельность. В которой выделим следующие показатели: публикации в печатных изданиях и интернет ресурсах, размещение информации на теле-радио платформах и использования ресурса ОКСИОН, а также мероприятия с населением, такие как например: подворовые обходы, сходы граждан, различные рейды и прочие. На основании анализа проведенной агитационно-профилактической деятельности построим график корреляций с произошедшими пожарами, гибели и травмирования на них людей.

Таблица 3. Статистические данные о количестве произошедших пожаров, гибели и травмирования на них в Иркутской области

	2014	2015	2016	2017	2018
Пожары, ед.	3358	3189	3087	2974	2930
Гибель, чел.	236	216	173	185	202
Травмировано, чел	251	205	189	214	202

Таблица 4. Статистические данные о количестве проведенных агитационно-профилактических мероприятиях в Иркутской области

	2014	2015	2016	2017	2018
Публикации в печатных изданиях и интернет ресурсах, ед.	1689	3588	2012	1935	2515
Размещение информации на теле-радио платформах, ОКСИОН, ед.	97977	101119	118752	199660	201717
Мероприятия с населением (подворовые обходы, сходы граждан, рейды и прочие), ед	538520	468430	549107	855190	852340

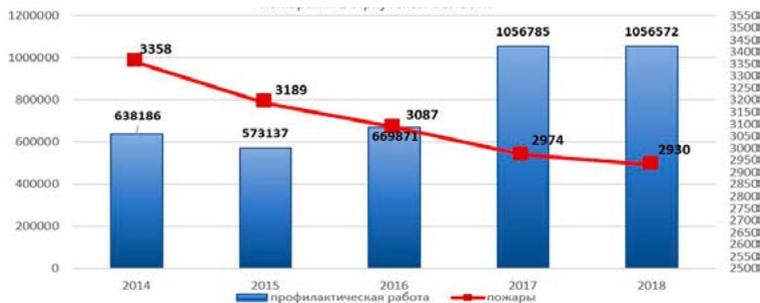


Рис. 3. Влияние проведенных профилактических мероприятий на показатель обстановки с пожарами в Иркутской области

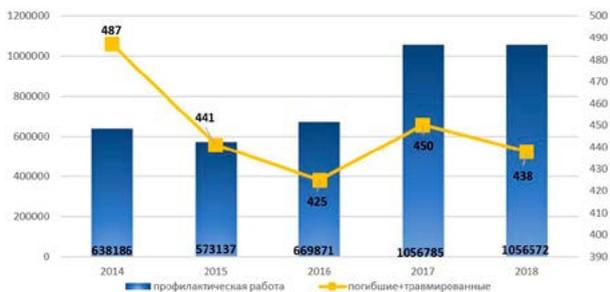


Рис. 4. Влияние проведенных профилактических мероприятий на гибель и травмирования людей на пожарах в Иркутской области

Исходя из проведенного в пятилетней динамике (2014 г.- 2018 г.) анализа профилактической работы и основных показателей пожарной обстановки (пожары, гибель и травмирования людей) наблюдаем прямое коррелирование количественных показателей профилактической работы и обстановки с пожарами на территории Иркутской области. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в большей степени именно количество проводимых профилактических мероприятий влияет на обстановку с пожарами, относительно количества проводимых надзорных мероприятий. Вместе с тем, эта прямая зависимость, которая следует из рисунка 3 подтверждает правомерность концепции при которой снижается количество контрольно-надзорных мероприятий и увеличивается проведение профилактических мероприятий, что повышает результативность надзорных органов МЧС России

Список использованных источников

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.04.2012 № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре»
2. Приоритетный проект «Совершенствование функции государственного надзора МЧС России в рамках реализации приоритетной программы «Реформа контрольной и надзорной деятельности», утвержденным протоколом от 21 февраля 2017 года № 13(2) заседания Проектного комитета по основному направлению стратегического развития Российской Федерации
3. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник
4. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: Статистический сборник
5. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник
6. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник
7. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник
8. Распоряжение Правительства РФ от 17 мая 2016 года № 934-р «Об утверждении основных направлений разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности»

Проблемные вопросы в организации профилактики пожаров в сельских поселениях на примере населенных пунктов Новоселовского района Красноярского края

Черкашин Дмитрий Владимирович

Научный руководитель: Елфимова Марина Владимировна

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В данной статье, на основе анализа статистических данных пожаров и последствий от них, отражено исследование эффективности реализуемых превентивных мероприятий в области обеспечения пожарной безопасности в сельских поселениях, с целью определения проблемных вопросов в организации профилактических мероприятий, и возможных путей их решения.

Ключевые слова: Пожарная безопасность, анализ, исследование, профилактика пожаров.

По данным статистики, в России, ежегодно 70-75% пожаров происходит по причинам, обусловленным человеческим фактором, из чего следует, что их возможно было бы избежать, при реализации организованной должным образом противопожарной профилактической работы, без необходимости привлечения значительных капитальных вложений, как со стороны государственных институтов, так и со стороны самих домовладений [1].

Кроме того, из данных статистического учета следует, что абсолютное большинство пожаров происходит непосредственно в жилом секторе по ряду причин, связанных с легкомысленным отношением граждан и недостаточным знанием правил пожарной безопасности, а именно не правильно складывающейся, стереотипной, оценкой опасности пожаров и возможности наступления самых негативных последствий и как следствие халатным отношением граждан к исполнению требований пожарной безопасности в повседневной жизни.

Из основных показателей обстановки с пожарами на территории Российской Федерации взятых за 2015-2019 г. следует то, что определенные категории людей чаще других становятся виновниками пожаров, получают травмы и (или) погибают при пожарах. К повышенным группам риска населения относят: лиц преклонного возраста, инвалидов (маломобильных), малообеспеченных граждан, лиц ведущих асоциальный образ жизни (злоупотребляющих спиртосодержащей продукцией, употребляющих психотропные вещества) [2].

Профилактика пожаров и подготовка населения к действиям во время пожаров является элементом государственной политики, реализуемой МЧС России, которому в настоящее время уделяется все больше внимания. За последние несколько лет, вступил в силу целый ряд нормативно правовых актов, принимаемых на всех уровнях власти с целью снижения числа пожаров, путем устранения причин возникновения пожаров и минимизации числа погибших и получивших травмы при пожарах, путем создания условий для безопасной эвакуации людей и имущества. На уровне федерального закона закреплено правовое определение термина профилактика пожаров - как совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий. Кроме того, что на законодательном уровне определено самостоятельное понятие профилактики пожаров, так же нормативно закреплены задачи и принципы профилактики, определены субъекты профилактики, что в свою очередь позволяет охарактеризовать профилактическую работу в области обеспечения пожарной безопасности как систему профилактики пожаров[3].

Федеральные органы исполнительной власти и органы государственной власти субъектов Российской Федерации в целях реализации государственной политики в сфере профилактики правонарушений в соответствии с требованиями бюджетного законодательства Российской Федерации и законодательства Российской Федерации в сфере стратегического планирования разрабатывают государственные программы Российской Федерации в сфере профилактики правонарушений и государственные программы субъектов Российской Федерации в сфере профилактики правонарушений соответственно [4].

Согласно ряда приказов ГУ МЧС России по Красноярскому краю на нормативном уровне закреплён правовой статус и компетенция ответственных должностных лиц, разработано положение о нештатной службе профилактики и утверждены функциональные обязанности начальника нештатной службы профилактики. Сделан акцент на сезонную специфику профилактических мероприятий, что нашло отражение в перечнях типовых мероприятий сезонных профилактических операций и профилактических операций, проводимых при угрозе и (или) возникновении чрезвычайных ситуаций, разработаны критерии оценки эффективности профилактической работы, разработано пособие и утверждён регламент проведения профилактической работы по предупреждению пожаров в жилье и т.д. Однако на практике до сих пор ведущую роль в предупреждении пожаров занимают такие традиционные формы подготовки работающего населения к действиям при пожарах как обучение ответственных по пожарной безопасности в объёме программ пожарно-технического минимума с последующим проведением противопожарных инструктажей с работниками. К основным причинам неэффективности этих форм профилактики пожаров можно отнести возможность их формального проведения, малую информативность, отсутствие учёта пассивно-негативного отношения населения к проблемам пожарной безопасности, а также отсутствие учёта психофизиологических особенностей поведения различных категорий людей на пожарах. Противопожарная агитация и пропаганда до сих пор является единственной формой работы с неработающей категорией населения, но практически никакого образо-

вательного значения в части действий населения при пожаре она сегодня не имеет, из вышеизложенного следует вывод, что при достаточном объеме нормативно-правовых актов, регулирующих общественные отношения связанные с обеспечением пожарной безопасности граждан, посредством реализации профилактических мероприятий, на практике, не всегда осознаются задачи профилактической работы и как следствие отсутствует системный подход к профилактике пожаров, в виду чего, профилактические мероприятия эффективность которых весьма очевидна, реализуемые отдельно (вне системы) в значительной степени теряют свою эффективность, что в свою очередь, подтверждается статистическими данными, отражающими обстановку с пожарами.

Анализ эффективности реализации превентивных мер, направленных на снижение числа пожаров и минимизацию числа погибших и травмированных при пожарах в сельских поселениях, проведен на примере Новоселовского района, Красноярского края.

В состав Новоселовского района Красноярского края входит 8 сельских администраций и 30 населенных пунктов [5]. На территории района прослеживается устойчивая динамика снижения пожаров в пятилетней динамике с 2015 г. по 2019 г. их количество сократилось на 40,1% [6]. За анализируемый период подавляющее большинство пожаров произошло непосредственно в жилом секторе - 74% от общего числа пожаров.

Наиболее распространенная причина возникновения пожаров - нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования (36,9% от общего количества пожаров). На втором месте нарушение правил устройства и эксплуатации печного отопления (28,9 % от общего количества пожаров), на третьем месте неосторожное обращение с огнем (18,3 % от общего количества пожаров). При этом в районном центре с. Новоселово в сравнении с остальными населенными пунктами Новоселовского района пожарные расчеты выезжают на тушение пожаров в жилом секторе в 1,8 раз чаще. В 6 из 10 случаев, основной причиной пожара, выступал аварийный режим работы электропроводки и электрооборудования. На основании данных статистики пожаров в Новоселовском районе погорельцами жилых строений в большинстве случаев становятся лица преклонного возраста. Для остальных населенных пунктов виновниками пожаров в 35% случаях являются граждане, ведущие асоциальный образ жизни и не состоящие на учете в полиции и органах социальной защиты, что в свою очередь создает проблему профилактики пожаров среди такой группы населения.

Законом [3] определено, что основными элементами обеспечения пожарной безопасности являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, организации и граждане. На органы государственной власти и органы местного самоуправления возложены полномочия по проведению противопожарной пропаганды и обучению населения мерам пожарной безопасности.

Так, в соответствии с законом [7] в удаленных от места дислокации пожарной охраны поселках, таких как – п. Чулым, п. Бараит, п. Анаш, с. Светлолобово созданы и функционируют добровольные пожарные формирования. Однако в действительности задачи по осуществлению профилактики пожаров (пропаганда населения,

агитация, инструктажи, распространение средств наглядной агитации по пожарной безопасности) в связи с низкой социальной поддержкой органов местного самоуправления не всегда осуществляются на должном уровне. В данный момент, для повышения уровня пожарной безопасности населенных пунктов Новоселовского района, ведется активная работа по восстановлению института сельских старост, проанализировать деятельность которых станет возможным в скором времени.

Информационное освещение требований пожарной безопасности посредством размещения материалов в печатных изданиях не является эффективным способом противопожарной пропаганды в сельской местности по причине низкого охвата групп людей в проблемном секторе, а также наличия единственного печатного издания (низкий уровень продаж печатных изданий в целом и полное отсутствие продаж в отдельных населенных пунктах). Трансляция видеосюжетов с указанием основных причин пожаров в жилом секторе и способов их недопущения на местном телевидении, при всей информативности и наглядности, так же не является достаточно результативным в связи с малым эфирным временем выхода телевизионной программы и технической возможности трансляции только в районном центре. Районного (локального) радиовещания и системы ОКСИОН на территории Новоселовского района не имеется.

Из вышеизложенного следует вывод, что профилактическая работа по обеспечению пожарной безопасности на территории Новоселовского района должна быть направлена на снижение числа пожаров, путем устранения причин возникновения пожаров, чем обусловлена необходимость проведения своевременного и качественного анализа причин возникновения пожаров, с целью их устранения, а так же минимизации числа погибших и получивших травмы при пожарах, путем создания условий для безопасной эвакуации людей из зданий (территорий) хозяйствующих субъектов и (зданий) территорий домовладений, чем обусловлено, периодическое проведение, отработок эвакуаций, занятий с населением, ежемесячное освещение требований пожарной безопасности, доведение до граждан оперативной обстановки с пожарами, популяризация необходимости соблюдения требований пожарной безопасности среди всех групп населения посредством доступных печатных, телевизионных, интерактивных ресурсов. Реализовываться профилактические мероприятия должны на основе рабочего взаимодействия со всеми службами и учреждениями как федерального, так и муниципального уровней власти (субъектами профилактики), что должно быть закреплено соответствующими межведомственными положениями и соглашениями. Работа сотрудников Государственного пожарного надзора должна быть направлена на планомерное построение единой системы профилактики пожаров на территории всего района в рамках которой необходимо четко осознавать задачи профилактической работы для достижения которых максимально реализовывать все формы профилактического воздействия в комплексе, а не отдельно в отрыве друг от друга вне системы профилактики, при этом продолжать делать акцент на сезонные профилактические операции, так как пожароопасная обстановка в разные временные периоды года весьма неоднозначна.

Список использованных источников

1. Статистические данные МЧС России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rojarnayabezopasnost.ru/statistika.html>
2. Павлова, М.С. Стратификация населения по группам риска как один из способов повышения эффективности пожарно-профилактической работы (на примере ЗАТО г. Железногорск) / Павлова М.С., Батуро А.Н. // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием г. Железногорск, 20 апреля 2018 года – г. Железногорск, 2018, - С.301-305. - Режим доступа: http://sibpsa.ru/science/publications/MU_2018.pdf, свободный - Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
3. Об основах системы профилактики пожаров в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 23 июня 2016 г. № 182-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 28.09.2019).
4. О пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 29 июля 2017 г.). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 12.09.2019).
5. Перечень населенных пунктов Новоселовского района [Электронный ресурс]. URL: <http://www.krskstate.ru/msu/terdel/0/doc/1388> (дата обращения: 12.09.2019).
6. Статистические данные ГУ МЧС России по Красноярскому краю [Электронный ресурс]. URL: <http://www.24.mchs.gov.ru> (дата обращения: 12.09.2019).
7. О добровольной пожарной охране: Федер. закон Рос. Федерации от 06 мая. 2011 г. № 100-ФЗ (в ред. от 22 февраля 2017 г.). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 12.09.2019).

Анализ действующих требований нормативных правовых документов в области контроля качества огнезащиты

Лупанова Александра Валерьевна¹

Калач Елена Владимировна²

кандидат технических наук, доцент

Гапонин Александр Иванович²

¹ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет

Аннотация: В докладе рассмотрены вопросы, возникающие при подготовке и проведении контроля качества огнезащитных покрытий; показана необходимость разработки методики и алгоритма поддержки принятия решений в процессе оценки качества огнезащитной обработки. Показано, что методика должна включать обоснование выбора способов осуществления контроля качества огнезащитных покрытий, а также влияние выбранных критериев на характер выдаваемого заключения.

Ключевые слова: огнезащитная обработка, контроль качества, нормативные правовые акты, огнезащитное покрытие, принятие решений

Огнезащитная обработка является одним из основных способов обеспечения пожарной безопасности на объектах; обработка различных конструкций зданий и сооружений огнезащитными составами производится с целью сохранения прочностных характеристик несущих конструкций, а также для предотвращения распространения пожара. Важное значение огнезащиты в обеспечении пожарной безопасности предъявляет строгие требования к качеству ее нанесения, и, соответственно, к контролю качества проведенных огнезащитных работ. Большая работа в части обобщения опыта контроля качества огнезащиты была проведена ФГБУ ВНИИПО и нашла свое отражение в Руководстве по оценке качества огнезащиты и Методике оценки огнезащитных свойств покрытий [1-2]. В Руководстве [1] сделан акцент на проведение ТА-исследований отобранных образцов как на наиболее точный и достоверный способ оценки огнезащитных свойств исследуемых огнезащитных покрытий (ОЗП); при этом отсутствуют исчерпывающий перечень условий, при которых возможно проведение контроля ОЗП дистанционно или с обязательным применением методов термического анализа (ТА), а также подробная методика принятия решений по вопросу качества ОЗП экспертами непосредственно на исследуемом объекте. Методика [2], помимо указанных выше особенностей, не регламентирует количество и месторасположение точек контроля толщины ОЗП, а также носит «справочный» характер для сотрудников организаций и предприятий, выполняющих услуги в сфере огнезащиты

В ходе анализа требований документов [1-2] и национальных стандартов [3-4] было выявлено следующее противоречие: в п. 4.4.1 Руководства [1] указано, что качество огнезащиты древесины на объекте оценивают согласно стандарту ГОСТ Р 53292 [3], но приведенные нормы размеров проб значительно отличаются от указанных в национальном стандарте. Так, согласно Руководству, длина образца должна составлять от 20 до 50 мм, а толщина – от 1 до 1,5 мм; а стандарте [3] диапазон указанных параметров составляет (50-60) мм и (1,5-2,5) мм соответственно. Сравнительный анализ требований нормативных документов федерального уровня [1-4] в части осуществления контроля качества огнезащиты и выполненной огнезащитной обработки представлен в таблице.

Таблица. Анализ отдельных нормативных правовых актов в области обеспечения качества огнезащитной обработки

Критерий сравнения	ГОСТ Р 53295 [4]	ГОСТ Р 53292 [3]	ВНИИПО-2011 [1]	ВНИИПО-2016 [2]
Область применения	Общие требования, а также метод определения огнезащитной эффективности (ОЭ) огнезащитных составов (ОЗС) (материалов)	Общие требования, а также методы испытаний ОЗС и веществ для древесины	Оценка и контроль качества огнезащиты	Оценка сохранения огнезащитных свойств ОЗП
Объекты огнезащиты	Стальные конструкции	Древесина и материалы на ее основе	Деревянные и металлические конструкции, текстильные материалы, кабели	Строительные материалы и конструкции (композитные, металлические, древесина), элементы инженерного оборудования и электрических кабелей
Контроль предоставленной документацией	Указано на необходимость наличия и содержание ТД на средства огнезащиты (п. 4.2), лицензии для проектирования и производство работ по огнезащите	Приведены требования к содержанию ТД на ОЗС (п. 5.1)	По перечню из п. 3 и 4.1; указано на возможность проводить контроль только с помощью проверки документации (п. 5)	не упоминается
Визуальный осмотр ОЗП	Не допускается применение ОЗС на объектах, расположенных в местах, где отсутствует возможность замены или восстановления (реставрации) средств огнезащиты	Проверка соответствия требованиям ТД. ОЗС применяют в местах, доступных для контроля качества огнезащитной обработки (п. 5.2)	Полное соответствие внешнего вида требованиям НД на применение ОЗС; не допускается наличие видимых признаков разрушения ОЗП, наличия посторонних покрытий и загрязнений	ссылка на [1]; однако указано, что соответствие требованиям НТД на ОЗС определяется лишь для пропиточных составов
Точки контроля толщины ОЗП	Перед испытаниями на ОЭ на образце: не менее, чем в 10 точках по периметру с шагом не более 500 мм по высоте	не предусмотрено	1-2 серии измерений на каждые 200 м2 поверхности (не менее 5 измерений в каждой серии), преимущественно в местах, где предполагается некачественная обработка	не упоминается

Критерий сравнения	ГОСТ Р 53295 [4]	ГОСТ Р 53292 [3]	ВНИПО-2011 [1]	ВНИПО-2016 [2]
Измерение толщины ОЗП	Погрешность при измерении толщины ОЗС на образцах для испытаний – не более $\pm 0,02$ толщины покрытия	не предусмотрено	Для металлических конструкций приведены примеры специальных приборов; Для деревянных конструкций – посредством отбора образцов и рассмотрении их под микроскопом. Погрешность измерений не нормирована	Приведены примеры специальных приборов в зависимости от толщины покрытий. Для деревянных конструкций – посредством отбора образцов и рассмотрении их под микроскопом. Погрешность измерений не нормирована
Оценка результатов измерения толщины ОЗП	Результат – среднее арифметическое всех измерений, при этом среднее квадратическое отклонение должно быть не более 20 % от результата	не предусмотрено	Определяют среднюю и минимальную толщину, а также максимальное отклонений величин в каждой серии. Значение средней толщины, не обязательно должно совпадать со значением, указанным в сертификате пожарной безопасности ОЗС; среднее и минимальное значения толщины огнезащитного слоя должны соответствовать требованиям НД на применение ОЗС и требованиям проектной документации	Определяют среднюю и минимальную толщину. Отмечено, что значение средней толщины, может отличаться от значения, указанного в сертификате пожарной безопасности (допустимое отклонение – не более 20 %)
Норма отбора проб (образцов)	Для определения огнезащитной эффективности – 2 одинаковых образца; Для контрольного метода - 1 образец	Для контроля качества – не менее 4 с каждых 1000 м ² или со всего объекта при площади обработки менее 1000 м ² ; Для испытаний по определению ОЭ – не менее 10; Контрольный метод – 3 образца (и 10 образцов при повторных испытаниях); Для испытаний на устойчивость к старению – 6 образцов (3 - для испытаний, 3 – контрольные)	Не менее 4-5 с каждых 1000 м ² или одного объекта огнезащиты при площади обработки менее 1000 м ² ; Для ТА – для проведения не менее 2 экспериментов	Для экспресс-методов оценки – ссылка на [3]; Для ТА – не упоминается
Места отбора проб (образцов)	не требуется	Преимущественно равномерно расположены по площади, с различных типов конструкций, а также в местах, где качество обработки вызывает сомнения	Преимущественно равномерно распределены по площади, с различных типов конструкций, в местах, где предполагается некачественная обработка; Для ТА – как со средней части, так и края конструкции	Для экспресс-методов оценки – ссылка на [3]; Для испытаний – прежде всего с мест, где покрытие имеет видимые изменения состояния поверхности, с соблюдением представительности пробы

Критерий сравнения	ГОСТ Р 53295 [4]	ГОСТ Р 53292 [3]	ВНИИПО-2011 [1]	ВНИИПО-2016 [2]
Размеры образцов (проб)	<p>Для определения ОЭ - колонны двутаврового сечения, высота - (1700±10) мм, приведенная толщина металла определяется непосредственно перед каждым испытанием (п. 5.3.2); При контрольном методе - стальная пластина размером (600±5) x (600±5) x (65±0,5) мм</p>	<p>Для контроля качества - длина 50-60 мм, ширина 25-35 мм, толщина 1,5-2,5 мм; Для испытаний по определению ОЭ и устойчивости к старению - по п. 6.1.2.1 (отклонения от размеров - не более 1 мм)</p>	<p>Для экспресс-методов оценки: - с металлических конструкций - до грунта; - с деревянных конструкций: длина - 20-50 мм, ширина - 25-35 мм, толщина - 1-1,5 мм; Для ТА-испытаний: толщиной 1,2-2 мм и площадью не менее 1 см² (п. 4.3) или толщиной 1-1,5 мм (п. 4.5.3); для огнезащитных пропиток толщина 1-1,5 мм; при использовании глубокой пропитки толщина не нормируется; Для предварительной оценки по горючести стружки - толщиной не более 1 мм, размер должен быть таким, чтобы пламя касалось ее краев или обратной стороны</p>	<p>Для экспресс-методов оценки - ссылка на [3]; Для ТА-испытаний: пробы древесины - площадь не менее 0,5 см²; при использовании глубокой пропитки толщина не нормируется; Для испытаний: - с металлических конструкций - площадью не менее 0,5 см²; - с деревянных конструкций - ссылка на [3], толщиной не менее 1,5 мм и площадью не менее 6 см²</p>
Применяемые методы исследования образцов (проб) ОЭП	<ul style="list-style-type: none"> - метод определения ОЭ (раздел 5), ТА - для идентификации средства огнезащиты перед нанесением; - контрольный метод 	<ul style="list-style-type: none"> - контроль качества с помощью ПМП-1; - метод определения ОЭ и контрольный метод; - метод определения устойчивости к старению (для ОЭС со сроком службы более 1 года) 	<ul style="list-style-type: none"> - определение коэффициента вспучивания в термошкафу; - ТА-исследования; Для металлических конструкций также: - контрольный метод по [4]; Для деревянных конструкций также: - с помощью ПМП; - по горючести стружки; - контрольный метод по [3] 	<ul style="list-style-type: none"> - определение коэффициента вспучивания в термошкафу; - ТА-исследования; Для деревянных конструкций также: - с помощью ПМП; - по горючести стружки (по признакам воспламенения)
Оценка результатов испытания образцов	<ul style="list-style-type: none"> - определяется группа ОЭ; - результаты испытаний не должны отличаться от результатов контрольного образца более, чем на 20 % 	<ul style="list-style-type: none"> - качество огнезащитной обработки определяется на основании условий п. 6.4.3.3-6.4.3.4; - устанавливают группу ОЭ; - при неудовлетворительных результатах повторных испытаний по контрольному методу ОЭС считается не соответствующим установленной группе ОЭ 	<ul style="list-style-type: none"> - среднеарифметическое значение коэффициента вспучивания - не менее 10; - при ТА сравниваются результаты для «эталонного» и исследуемого образцов (отклонения - не более указанных в п. 4.5.6); - качество огнезащитной обработки по [3]. Для оценки качества огнезащитных лакокрасочных покрытий по древесине применение методики по [3] весьма проблематично из-за сложности отбора образцов стружки без разрушения покрытия и спорности оценки результатов испытаний; - стружка не должна гореть 	<ul style="list-style-type: none"> - среднеарифметическое значение коэффициента вспучивания - не менее 10; - расхождение результатов ТА для эталона и исследуемого образца - не более 25 %; - для экспресс-методов оценки - оценка по [3]

Помимо документов национального уровня и уровня федеральных органов исполнительной власти, различные организации разрабатывают и утверждают локальные нормативные акты, содержащие описание методик оценки качества огнезащиты. Так, Правлением Национального союза организаций в области обеспечения пожарной безопасности (НСОПБ) утвержден «Порядок проведения инструментального контроля качества огнезащитных покрытий стальных строительных конструкций» [5]. В методике НСОПБ допущена, по мнению автора, следующая ошибка при принятии положительного решения о качестве ОЗП: «За результат принимается среднее арифметическое значение измерений по элементу. Результаты контроля считаются удовлетворительными, если полученное среднее значение оказывается не менее величины, указанной для каждого элемента в рабочей документации, ...» Очевидно, что часть результатов проведенных замеров толщины ОЗП (даже при условии, что усредненное значение результатов всех замеров – удовлетворительное) могут оказаться меньше нормативно-установленных в проектной документации величин; что может в конечном счете привести к не достижению требуемого предела огнестойкости исследуемого объекта.

Стандарт организации Национального объединения строителей [6] содержит подробное описание не только правил выполнения и организации огнезащитных работ, но и перечень документации, необходимой при оценке соответствия выполненных работ по огнезащите. Однако, указанный стандарт может вызвать затруднения при принятии решения экспертами, осуществляющими контроль ОЗП, поскольку не содержит исчерпывающие критерии о необходимости наличия и содержания разного рода документации, а также их влияния на характер заключения эксперта о качестве проверяемого ОЗП. В своде правил «Огнезащита стальных конструкций. Правила производства работ» [7] отмечено, что при проведении контроля качества огнезащиты проверяющему «обязаны предоставить все затребованные документы»; и отсутствует четкое руководство для экспертов о возможности принятия положительного решения о качестве ОЗП в случае отсутствия одного или нескольких запрошенных документов.

Несмотря на все достоинства указанных выше документов, в них отсутствует описание возможности выдачи заключения о качестве огнезащитной обработки по результатам испытаний образцов (проб) ОЗП, предоставленных заказчиком.

В зависимости от объекта и поставленных задач контроль качества ОЗП может осуществляться посредством визуального осмотра, анализа предоставленной документации, измерения толщины ОЗП, контроля качества огнезащитной обработки посредством экспресс-методов, проведения лабораторных испытаний подготовленных образцов или с помощью их различных сочетаний. Наиболее полное представление об используемом ОЗС и качестве исследуемого ОЗП дает проведение полного комплекса указанных методов. Однако, с целью экономии материальных, временных и человеческих ресурсов целесообразна разработка таких методики и алгоритма поддержки принятия решений, которые учитывают специфику проверяемых объектов, наличие и содержание имеющейся документации; и, базирясь на независимых экспертных оценках, позволяют спланировать необходимое и достаточное количество исследований, а также вынести объективное заключение о качестве проверяемого ОЗП.

Список использованных источников

1. Руководство «Оценка качества огнезащиты и установление вида огнезащитных покрытий на объектах», утв. ФГУ ВНИИПО МЧС России от 15.11.2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124896> (дата обращения: 02.04.2020).
2. Оценка огнезащитных свойств покрытий в зависимости от сроков их эксплуатации: методика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИПО, 2016. – 31 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293756/4293756068.pdf> (дата обращения: 17.06.2020).
3. ГОСТ Р 53292-2009 Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53292-2009> (дата обращения: 19.05.2020).
4. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071913> (дата обращения: 16.05.2020).
5. Стандарт организации СТО – НСОПБ – 29/ОСК «Порядок проведения инструментального контроля качества огнезащитных покрытий стальных строительных конструкций» : [док. внутреннего пользования] / НСОПБ. – Москва, 2011. – 6 с.
6. Стандарт организации СТО НОСТРОЙ 2.12.118-2013 «Строительные конструкции зданий и сооружений. Нанесение огнезащитных покрытий. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ», утв. решением Совета Национального объединения строителей от 19.09.2013. URL: https://nostroy.ru/department/metodolog/otdel_tehnicoskogo_regulir/sto/СТО%20НОСТРОЙ%202.12.118-2013.pdf (дата обращения: 01.06.2020).
7. Свод правил СП 433.1325800.2019 Огнезащита стальных конструкций. Правила производства работ. URL: <https://ispolnitelnaya.ru/normativdocs/SP/СП%20433.1325800.2019.pdf> (дата обращения: 22.06.2020).

Анализ пожарной опасности технологического процесса хранения нефти в резервуарном парке

Цыдыпов Базарсадо Сергеевич^{1,2}

Научный руководитель: Долгушина Любовь Викторовна²

кандидат химических наук, доцент

¹ ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Забайкальскому краю

² ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: Пожарная опасность процессов хранения и перекачки нефти и нефтепродуктов, при которых в нормально работающих аппаратах, емкостях и вне их могут образовываться взрывоопасные, горючие концентрации, а также при разгерметизации трубопроводов, износе оборудования, авариях, и других отклонениях от технологического процесса.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, технологический процесс, резервуарный парк, горючая среда.

Под пожарной безопасностью объекта понимается такое его состояние, при котором с регламентируемой вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара, воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей. Для обеспечения пожарной безопасности объекта необходимо провести предварительный анализ его пожарной опасности [3]. Оценка пожарной опасности любого промышленного объекта, либо технологического процесса включает в себя [1]:

- анализ пожарной опасности обращающихся веществ и материалов;
- оценка возможности образования горючей среды внутри технологического оборудования;
- оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу как из нормально работающего оборудования, так и при его повреждении;
- оценка возможности появления внешних источников зажигания;
- определение возможных причин и путей распространения пожара.

При технологическом процессе на нефтебазе обращающихся веществ и материалов характерно наличием взрывоопасных и пожароопасных веществ. Такие факторы как открытый их слив с железнодорожных цистерн и налив в автомобильные цистерны при разливах нефтепродуктов может привести к взрыву или пожару. Выделение паров от нефтепродуктов при разливах может привести к пожароопасной ситуации и отравлению людей. Также возможны: термические

и химические ожоги, и не исключены травмы при падении с высоты, поражение электрическим током, опасность удушья инертным газом [6].

Плотность большинства нефтепродуктов меньше плотности воды, а при хранении нефтепродуктов вода находится в нижней части резервуара. Температура кипения нефтепродуктов выше температуры кипения воды. При контакте с технологически нагретыми или горящими нефтепродуктами, вода может быстро вскипеть, что может привести к увеличению внутреннего давления в резервуаре и в дальнейшем к выбросам. В холодное время года скопление воды нередко приводит к размораживанию трубопроводов, при котором нефтепродукты, попавшие в воду, всплывают на поверхность и растекаются по ней. Горение таких пленок происходит после аварийного растекания нефтепродуктов в водные акватории, где они распространяются на большие расстояния, так как вязкость большинства нефтепродуктов незначительна.

Фактически все они являются диэлектриками, но при перемешиваниях способны к электризации. Заряды статического электричества возникают при трении нефтепродуктов в трубопроводах, насосах, арматуре, при прохождении струи через слой воздуха и при ударе о твёрдую поверхность. В некоторых случаях статического заряда достаточно для возникновения мощного электрического заряда, который может послужить производственным источником зажигания при возникновении пожара. В процессе хранения содержание серы в различных соединениях или в чистом виде обуславливает высокую коррозирующую активность нефтепродуктов. Также сера во взаимодействии с металлами образует вещества, способные самовозгораться на воздухе - пиррофорны. Паровоздушные смеси по нижним пределам воспламенения приблизительно в 1,1 раза, а неразбавленные смеси паров нефтепродуктов в 1,5 раза тяжелее воздуха, потому что плотность паров нефтепродуктов больше плотности воздуха. Поэтому паровоздушные смеси, оседая на землю, медленно рассеиваются в атмосфере.

Основные показатели пожарной опасности топлив показаны в таблице 1.

Оценка возможности возникновения горючей среды внутри технологического процесса. Концентрации внутри технологического оборудования могут образовать пожарную опасность при следующих условиях:

- имеется паровоздушное пространство;
- рабочая температура жидкости находится между нижним и верхним пределами воспламенения с учетом коэффициента безопасности $\Delta t = 10^\circ\text{C}$.

$$t_{\text{нп}} - \Delta t < t_p < t_{\text{вп}} + \Delta t;$$

где: $t_{\text{нп}}$ - нижний температурный предел воспламенения;

$t_{\text{вп}}$ - верхний температурный предел воспламенения;

t_p - рабочая температура жидкости.

В насосах, трубопроводах, работающих полным объемом, взрывоопасные концентрации не могут образоваться из-за отсутствия паровоздушного пространства.

Таблица 1. Оценка пожарной опасности применяемых веществ и материалов

Наименование вещества	Показатели пожарной опасности									
	Группа горючести	$t_{всп}, ^\circ\text{C}$	$t_{восп}, ^\circ\text{C}$	$t_{св}, ^\circ\text{C}$	НКПР, % об	ВКПР, % об	НТПР, $^\circ\text{C}$	ВТПР, $^\circ\text{C}$	Молярная масса	Общая формула
Бензин «Нормаль-80»	ЛВЖ	-36	-33	440	-	-	-35	17	97,2	$\text{C}_6,991\text{H}_{13},108$
Бензин «Регуляр-92» Л	ЛВЖ	-36	-33	410	-	-	-35	20	98,2	$\text{C}_7,024\text{H}_{13},706$
Бензин «Регуляр-92»З	ЛВЖ	-37	-34	380	-	-	-37	-10	95,3	$\text{C}_6,911\text{H}_{12},168$
Бензин «Премиум-95»	ЛВЖ	-37	-34	350	0,98	5,48	-37	-10	93,2	$\text{C}_6,742\text{H}_{11},898$
Дизельное топливо «Л»	ЛВЖ	40	65	370	-	-	99	137	203,6	$\text{C}_{14},511\text{H}_{29},12$
Дизельное топливо «З»	ЛВЖ	35	45	240	-	-	99	137	172	$\text{C}_{12},343\text{H}_{23},889$

Пожары возникают в резервуаре при наличии источника зажигания, свойств горючей жидкости, особенностей резервуара, наличия взрывоопасных концентраций внутри и снаружи резервуара.

В наиболее распространенных случаях пожар в резервуаре начинается с взрыва паровоздушной смеси. При этом горение нефтепродуктов в резервуаре сопровождается сильным тепловым излучением с высотой светящейся части пламени 1-2 диаметра горящего резервуара. Факельное отклонение пламени при скорости ветра около 4 м/с, составляет 60-70°.

При концентрации паров нефтепродукта в резервуаре выше верхнего концентрационного предела может возникнуть факельное горение на дыхательной арматуре, местах соединения пенных камер со стенками резервуара, других отверстиях в крыше или в трещине стенки резервуара.

При высокой концентрации паров горючего в резервуаре опасность взрыва незначительная, если наблюдается черный дым и красное пламя. Факельное горение без дымообразования свидетельствует о том, что концентрация паров нефтепродукта в резервуаре близка к области воспламенения и существует реальная взрывоопасность.

Перелив хранимого продукта, нарушение герметичности резервуара, задвижек, фланцевых соединений, наличие пропитанной нефтепродуктом теплоизоляции на трубопроводах и резервуарах могут быть условиями для возникновения пожара в обваловании резервуаров.

Развитие пожара зависит от его места возникновения, климатических и метеорологических условий, размеров начального очага горения, устойчивости конструкций резервуара, работы систем противопожарной защиты, действий персонала объекта, времени прибытия (удаленности) пожарных подразделений.

Оценка возможности образования горючей среды при выходе веществ наружу как из нормально работающего оборудования, так и при его повреждении.

Размеры взрывоопасных эксплуатационных зон при нормальной эксплуатации регламентированы главой 7.3 «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ). Такие зоны у наружных установок принято классифицировать как взрывоопасные класса В-Iг.

Для наружных взрывоопасных установок зона класса В-Iг ограничивается по горизонтали и вертикали следующими размерами:

- А) 3 м - от закрытых технологических аппаратов, содержащих горючие газы и ЛВЖ;
- Б) 5 м - от места выброса взрывоопасных и горючих веществ из предохранительных и дыхательных клапанов;
- В) 8 м - от резервуаров с ЛВЖ и горючих газов (газгольдеров), а при наличии обвалования – в пределах всей площади внутри обвалования;
- Г) 20 м - от мест открытого слива и налива ЛВЖ на эстакадах.

Определение зон взрывоопасных концентраций газов и паров ЛВЖ при аварийном поступлении их в открытое пространство при неподвижной воздушной среде регламентировано ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов».

Размеры зон ограничивающие область концентраций, превышающие нижний концентрационный предел распространения пламени по горизонтали и вертикали рассчитывают по формулам:

Для паров ЛВЖ:

$$R_{НКПР} = 3,2\sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_S}{\varphi_{НКПР}}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot P_S}\right)^{0,33} \quad (1)$$

$$Z_{НКПР} = 0,12\sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_S}{\varphi_{НКПР}}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot P_S}\right)^{0,33} \quad (2)$$

где m_n - масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с, кг;

ρ_n - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кг/м³;

P_s - давление насыщенных паров ЛВЖ, кПа;

K - коэффициент ($K = t/3600$);

t - продолжительность поступления паров ЛВЖ при испарении, с;

$\varphi_{НКПР}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров, % об;

m_2 - масса поступившего в открытое пространство ГГ при аварийной ситуации, кг;

ρ_r - плотность горючего газа при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³.

Анализ возможных источников зажигания. По природе происхождения источники зажигания можно условно разделить на естественные и производственные. Естественные источники зажигания не зависят от людей и не связаны с ведением технологических процессов (прямые удары молнии, вторичные проявления атмосферного электричества). Производственные источники связаны с функционированием технологического процесса и действиями людей по ведению этих процессов (нарушения в электроустановках, статическое электричество, механические искры, самовозгорание пиррофоров). Классификация характерных источников зажигания на отечественных объектах хранения приведена в таблице 2 (в процентах).

Таблица 2. Распределения источников иницирования взрывоопасной смеси

Источники иницирования	Проценты
Ремонтные работы	23,5
Атмосферное электричество	9,2
Статическое электричество	9,7
Неисправность электрооборудования	14,7
Другие источники зажигания	42,9

Из проведенной таблицы можно сделать выводы:

- при технологических процессах возможны отравления углеводородами, возможность получения термических и химических ожогов, травмирование при падении с высоты, поражение электрическим током, опасность удушья инертным газом.
- насосные станции для перекачки ЛВЖ и ГЖ имеют повышенную пожарную опасность.

В периоды остановки на ремонт и непосредственно при ремонтных работах возникает значительная пожарная опасность.

Причины повреждения технологического оборудования (резервуаров):

- образуется повышенное давление;
- происходит смятие корпуса от воздействия атмосферного давления при создании вакуума во время его опорожнения;
- появляется коррозия и эрозия на стенках;
- происходит динамические воздействия.

Основной причиной смятия корпуса является возникновение сверх установленной нормы разряжения внутри резервуара. Также неисправность дыхательной и предохранительной арматуры. Чаще всего зимой наблюдается неисправность дыхательных клапанов в результате примерзания.

В результате химического воздействия в эксплуатируемых резервуарах и трубопроводах происходит уменьшение толщины ограждающих конструкций.

Регулярное покрытие антикоррозийными составами и красками защищают внешние поверхности резервуаров и трубопроводов. Кроме того, часто проводятся плановые профилактические ремонты с очисткой внутренних поверхностей резервуаров и трубопроводов.

В корпусах резервуаров предусмотрены устройства предохранительных клапанов, которые срабатывают при повышении давления или создании вакуума в пространстве резервуара сверх установленной нормы для недопущения повреждения.

При длительном хранении высоковязких нефтепродуктов на донных слоях резервуаров образуются уплотненные осадки, которые невозможно удалить при откатке нефтепродукта насосами. При огневых ремонтных работах эти осадки могут стать причиной взрыва или пожара.

Также механизированный способ сам по себе может являться источником возгорания.

Возможными путями распространения пожара в резервуарном парке являются:

- разлив нефтепродуктов при повреждении резервуаров или трубопроводов;
- через дыхательные клапаны и дыхательные линии резервуаров с нефтепродуктами;
- возникновение облака паров ЛВЖ и ГЖ;
- через трубопроводы, освобождаемые от нефтепродуктов;
- через кабельные линии и туннели для прокладки трубопроводов;
- через трубопроводы газоуравнительной обвязки;
- через дверные, оконные и технологические проемы насосной станции.

Все наземные резервуары ограждаются сплошным земляным валом, рассчитанным на гидравлическое давление жидкости.

Земляной вал согласно требованиям должна быть высотой на 0,2 выше расчетного уровня разлившейся жидкости, но не менее 1,5 м., ширина вала по верху 0,5 м. Объем между откосами обвалования для группы резервуаров должен

быть равен емкости наибольшего резервуара, расстояние от стенки резервуара до подошвы внутренних откосов обвалования не менее 6 метров. При повреждении трубопровода, для предотвращения выхода нефтепродукта предусмотрено устройство на трубопроводах скоростных клапанов - прерывателей потока жидкости, срабатывающих при разрыве трубопровода.

По системе производственной канализации предусмотрены устройства в ней гидравлических затворов для предотвращения распространения пожар.

Для предотвращения выхода разлившейся жидкости из помещения насосной в дверных проемах устроены пороги высотой 0,15 м, в туннелях для прокладки трубопроводов через каждые 60 м также устроены пороги.

На дыхательных клапанах над поверхностью нефтепродукта в резервуаре с окружающей средой предусмотрена установка огнепреградителей.

Вывод: Для снижения риска необходимо: неуклонно соблюдать требования технологического регламента и требования пожарной безопасности; проводить плано-предупредительные мероприятия и ремонт без нарушений периодичности; соблюдать мероприятия по снижению выбросов путем их улавливания и переработке различными установками; модернизировать устаревшее оборудование с помощью внедрения новых прогрессивных технологий.

Требования пожарной безопасности, содержащиеся в нормах проектирования и правилах эксплуатации резервуаров для нефти и нефтепродуктов, выработаны на основе практического опыта (происшедшие пожары) и итогов научно-исследовательских работ. В этом заключается проблема пожарной безопасности применительно к резервуарам нефтепродуктов и резервуарным паркам.

Комплекс нормативных мер пожарной безопасности часто оказывается недостаточным, то есть не соответствующим настоящей пожарной опасности. Предпосылки такого несоответствия можно устранить при подходе к изучению и оценке пожарной опасности конкретной нефтебазы.

Несмотря на обширный комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности резервуарных парков в них происходят пожары. Это говорит о том, что проблема противопожарной защиты резервуарных парков требует дальнейшего совершенствования.

В работе произведен анализ пожарной опасности технологического процесса резервуарного парка, обращающихся веществ и материалов, возможных источников загорания и пути распространения.

Для снижения риска необходимо: неуклонно соблюдать требования технологического регламента и требования пожарной безопасности; проводить плано-предупредительные мероприятия и ремонт без нарушений периодичности; соблюдать мероприятия по снижению выбросов путем их улавливания и переработке различными установками; модернизировать устаревшее оборудование с помощью внедрения новых прогрессивных технологий.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 22 июля 2008г № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” (с изменениями 2018 года).
2. ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения.
3. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
5. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.
6. ВППБ 01-05-99 Правила пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов ОАО «АК «Транснефть».
7. РД 03-418-01«Методическими указаниями по проведению анализа риска опасных производственных объектов»
8. Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012г № 390. “О противопожарном режиме. Правила противопожарного режима в РФ”.
9. Постановление Правительства РФ от 21 августа 2000 г. № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов»
10. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами -М.: Недра, 2004 г. 360 с.
11. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. «Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов». Москва, Ин-октава, 2005 г. 480с.

Вопросы организации проверок работоспособности средств пожарной сигнализации

Рыбаков Иван Владимирович

Порошин Алексей Александрович

кандидат технических наук

Королёва Вера Владимировна

ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

Аннотация: Обсуждаются вопросы проверки работоспособности пожарных извещателей. Описаны мероприятия по требованиям к техническим средствам проверки пожарных извещателей.

Ключевые слова: стандарт, требования, монтаж, обслуживание, эксплуатация, пожарный извещатель, работоспособность, аэрозоль

В программном документе [1], определены приоритетные направления и мероприятия государственной политики в области пожарной безопасности. В частности, в рамках мероприятий по обеспечению качественного повышения уровня защищенности населения и объектов защиты от пожаров и по выработке и реализации государственной научно-технической политики в области пожарной безопасности определены направления по систематизации форм и методов проведения профилактических мероприятий, а также разработка проектов нормативно правовых актов, устанавливающих требования к работам и услугам в области пожарной безопасности.

В настоящее время разрабатываются национальные стандарты по монтажу, техническому обслуживанию, эксплуатации и проверке работоспособности систем противопожарной защиты, в том числе систем пожарной сигнализации.

Данные стандарты разрабатываются в поддержку Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ [2], Федерального закона от 4 мая 2011 г. № 99-ФЗ [3] в соответствии с положениями Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ [4], а также Постановления Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 года №1479 (вступает в силу с 1.01.2021г.) [5].

Основными задачами национальных стандартов будут являться установление требований пожарной безопасности при проведении работ по монтажу, ремонту и техническому обслуживанию систем противопожарной защиты. Отметим, что данные требования в нормативных документах по пожарной безопасности отсутствуют, что влияет на работоспособность данных систем и, соответственно, снижает эффективность обеспечения безопасной пожарной безопасности объектов защиты при их эксплуатации.

В свете реализации данных национальных стандартов, для систем пожарной сигнализации, одним из наиболее актуальным вопросом является проверка работоспособности пожарных извещателей.

Методов активизации пожарных извещателей существует значительное количество. (например, поднесение магнита, использования лазерных указок, помещение внутрь конструкций извещателей предметов и др.). Однако данные методы не отражают реальную картину по техническим характеристикам срабатывания пожарных извещателей, что реализуемо на специализированных стендах в аккредитованных лабораториях при испытаниях по оценке соответствия продукции. В связи с этим возникает необходимость разработки и применения методов проверки работоспособности пожарных извещателей с учетом оценок их характеристик, приближенных к реальным данным.

Одним из возможных способов реализации данной задачи является следующий. Для проверки пожарного извещателя необходимо осуществить следующее:

- оказать воздействие на пожарный извещатель, способное вызвать его срабатывание, при этом воздействие не должно быть чрезмерным;
- воздействие не должно оказывать влияние на работу извещателя после возврата его в дежурный режим;
- проверка одного извещателя должны быть быстрой, не более нескольких минут.

В зарубежной практике, для осуществления данных действий используют баллончики с аэрозолем (смесь бутана, пропана и этанола). Доза аэрозоля достаточна для срабатывания извещателя, технические характеристики которого находятся в рабочем диапазоне для срабатывания пожарного извещателя можно распылить весь баллончик. Однако, рекомендуется, при емкости сосуда в 250 мл, осуществлять проверку порядка 300-400 извещателей. Некоторые баллончики поставляются со специальными насадками, ограничивающими дозу аэрозоля на одно распыление. Для проверки извещателей, размещенных на высоте до 6 м применяется удлинители со специальными колпаками, внутри которых создается необходимая концентрация аэрозоля. Ряд производителей предлагает технические средства, позволяющие создавать концентрацию аэрозоля с оптической плотностью близкой к создаваемой при проведении оценки соответствия пожарных извещателей. Вышесказанное справедливо для дымовых пожарных извещателей. Однако и для других типов извещателей существуют опробованные технические средства проверки.

После введения в действие разрабатываемых национальных стандартов целесообразно рассмотреть вопрос о разработке требования по применению описанных технических средств по проверке работоспособности пожарных извещателей и регламентировать их технические характеристики во избежание применения схожих аэрозолей способных вызвать срабатывание извещателей, но при этом нарушить их дальнейшую работу. Требования могут быть как в форме отдельного национального стандарта, так и могут быть включены в состав разрабатываемых национальных стандартов по системам противопожарной защиты.

Список использованных источников

1. Указ Президента РФ от 1 января 2018 г. № 2 “Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года” [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/556185311> (дата обращения: 09.10.2020 г.).
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 27 декабря 2018 года) [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 09.10.2020 г.).
3. Федеральный закон от 4 мая 2011 г. N 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» (с изменениями на 31 июля 2020 года) [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/902276657> (дата обращения: 09.10.2020 г.).
4. Федеральный закон от 29 июня 2015 г. N 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» (с изменениями на 3 июля 2016 года) [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/zakon-rf-o-standartizacii> (дата обращения: 09.10.2020 г.).
5. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. N 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации» [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/565837297> (дата обращения: 09.10.2020 г.).

Исследование применения электрофизического поля для тушения пожаров на газопроводах

Скрипник Игорь Леонидович¹

кандидат технических наук, доцент

Каверзнева Татьяна Тимофеевна²

кандидат технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

²ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация: Рассматриваются аварии, происходящие на газопроводах низкого давления с их последствиями. Предложен комплексный способ тушения пламени на газопроводе электрическим полем высокой напряженности, включающий в себя мероприятия по: тушению пожара; охлаждению стенок газопровода и отключению из общей сети поврежденного участка с помощью задвижек. Выполнены эксперименты и проведены исследования тушения пламени газовой струи на модели газопровода генератором высокого напряжения при изменяющихся параметрах: давления; диаметра отверстия газопровода; площади электродов.

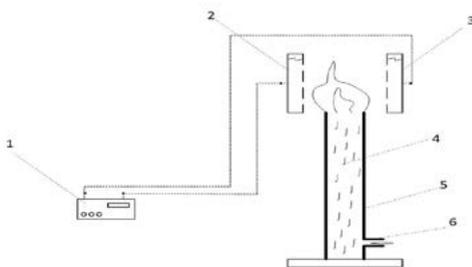
Ключевые слова: авария, газопровод, генератор, электрическое поле, эксперимент, исследования.

Аварии, происходящие на газопроводах низкого давления, связаны с выходом значительного количества газа, формированием горючей среды на большой территории, площадь которой зависит от величины отверстия трубы, давления газовой смеси, особенностей местности, природно-климатических условий [1; 2]. При возникновении в этой среде источника зажигания может произойти взрыв.

Устранение таких аварий, связанных с тушением пожара, ликвидацией его последствий, является довольно трудным, затратным мероприятием, занимающем большой промежуток времени для подачи огнетушащего вещества (ОТВ) в очаг пожара на пламя. Поэтому актуальной становится задача разработки быстродействующих способов тушения пожара на газопроводах. Одним из подходов к ее решению является использование электрического поля высокой напряженности.

В предлагаемом способе тушения пожара в качестве ОТВ выступает электрическое поле, приводящее к быстрому гашению пламени (менее нескольких секунд). Автономное применение и быстрота тушения является достоинством данного способа перед другими.

В качестве средства тушения может применяться генератор электрического поля высокой напряженности (ГВН) (рис.1). С помощью данного устройства на пламя или накладывается электрическое поле или в него вводятся заряженные частицы.



1 - ГВН, 2 - катод, 3 - анод, 4 - газ, 5 - трубка, 6 - соединение с газовым баллоном
Рис. Установка для исследования

Для тушения пожара электрическим полем (воздействием на газовую струю) необходимо, чтобы энергия электрического поля была больше энергии потока газовой струи.

Используя основные аналитические выражения, можно определить такое значение напряженности электрического поля, при котором произойдет тушение пламени [3; 4].

Выполнены эксперименты и проведены исследования тушения пламени газовой струи на модели газопровода генератором высокого напряжения при изменяющихся параметрах: давления; диаметра отверстия газопровода; площади электродов.

Анализ обработки результатов показал [5-9]:

1. Повышение расстояния между электродами на 1 см приводит к увеличению напряжения гашения (при повышении различных давлений газа) на 1,37 кВ и на 1,71 кВ при повышении диаметра отверстия на магистральном газопроводе, что указывает на равномерный характер зависимости напряжения гашения от межэлектродного расстояния на рассмотренных параметрах. Это подтверждается моделированием электрического поля в специальной компьютерной программе с отображением цветовой шкалы напряженности электрического поля.
2. Сравнение напряжения гашения в случаях изменения давления и диаметра отверстия газопровода при одном и том же расстоянии показал, что напряжение гашения при повышении диаметра отверстия газопровода будет в 1,25 раза больше, чем при увеличении давления газа.
3. Повышение площади электродов приводит к уменьшению напряженности электрического поля и увеличению эффективности его воздействия на пламя в зависимости от изменения скорости газа в диапазоне от 10 до 50 м/с.
4. Для проведенных экспериментов по полученным значениям построены регрессионные зависимости.
5. При проведении экспериментов выявлено явление электрического пробоя, при котором тушение пламени не возможно. В этом случае возникает электрическая дуга. Так, при расстоянии между электродами более 26 см (менее 4 см),

при повышении напряжения гашения меньше чем на 1,37 кВ (увеличивается более чем на 1,71 кВ) гашение пламени не происходит. На образование электрического пробоя оказывают влияние такие параметры как: влажность окружающего воздуха; межэлектродное расстояние; давление; напряжение на электродах; электрическая прочность материала. Так при напряженности электрического поля больше 2кВ/см возникает электрический пробой. Для снижения вероятности его возникновения увеличивают электрическую прочность материала, например, нанесением диэлектрического покрытия на электроды, вследствие чего повышается максимальная граница напряжения пробоя почти в 100 раз.

6. После тушения пламени газовой среды необходимо провести охлаждение стенок газопровода до температуры меньшей температуры самовоспламенения природного газа для исключения возможности повторного возгорания. Это достигается естественным способом (воздухом), при разных температурах (20 °С (293 К); 0 °С (273 К)) и с помощью охлаждающей аммиачной установки (-40 °С (233 К)). Показано, что охлаждение стенок газопровода составляет для перечисленных способов соответственно 38; 37 и 31 мин, а максимальная скорость охлаждения равняется 66,6; 55 и 53,6 К/мин.
7. Предложенный комплексный способ тушения пламени электрическим полем включает в себя мероприятия по: тушению пожара; охлаждению стенок газопровода и отключению из общей сети поврежденного участка с помощью задвижек.
8. Проведенные теоретические исследования показали возможности применения данного способа для тушения пламени газа.
9. Дальнейшие направления исследования заключается в практической реализации предложенного способа тушения пламени, создании компактных, малогабаритных генераторов высокого напряжения, возможности их установки и работы на газопроводах, поднимет перспективы строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций [10] и обеспечит совершенствование системы охраны труда на объекте нефтегазовой отрасли [11; 12].

Список использованных источников

1. Скрипник И.Л. Применение компенсирующих мероприятий для обеспечения безопасности магистральных газопроводов // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей по итогам четвертой международной научной конференции. 29-30 апреля 2020 г. Часть 1. – Казань: ООО “Конверт”, – 2020. С. 226-228.
2. 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.
3. Сорокин А.Ю., Иванов А.В., Скрипник И.Л., Симонова М.А. Нейросетевое моделирование условий обеспечения электростатической искробезопасности про-

цессов транспортировки модифицированных углеводородных жидкостей на основе экспериментальных данных // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018, № 1(18), С. 63-76.

4. Скрипник И.Л. Вопросы уменьшения риска на опасных производственных объектах // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей пятой международной научной конференции. 30-31 мая 2020 г. Часть 1. – Казань: ООО “Конверт”, – 2020. С. 192-195.
5. Пермяков А.В. Разработка электрического способа тушения пожара на газопроводах низкого давления: Автореф. дис. на соискание учен. степ. канд. техн. наук / ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». Уфа, 2019. 24 с.
6. Торопов Д.П, Иванов А.В., Скрипник И.Л. Моделирование тушения пожара жидких углеводородов в условиях применения огнетушащих суспензий воды с углеродными наноструктурами // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 3 (24), С. 91-104.
7. 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.
8. Скрипник И.Л. Исследование элементов электрооборудования в электросетях автомобилей при пожаре // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 11 декабря 2019 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 196-200.
9. 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.
10. Каверзнева Т.Т. Перспективы строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций / Дальневосточная весна – 2015: материалы 13-й Междунар. науч.- практ. конф. по проблемам экологии и безопасности, Комсомольск-на-Амуре, 28 апреля 2015 г./ редкол.: И. П. Степанова (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2015. – 275 с. (с.210-213).
11. Ефремов С.В. Нейросетевое моделирование в охране труда / С.В. Ефремов, Т.Т. Каверзнева, Д.А. Тархов. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 136 с.
12. Каверзнева Т.Т., Данилова Е.А. Совершенствование системы охраны труда на объекте нефтегазовой отрасли // Неделя науки СПбПУ: материалы научного форума с международным участием. Институт военно-технического образования и безопасности. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 298 с. (с. 191-193).

Оценка качества огнезащитных покрытий с использованием экспертных оценок

Лупанова Александра Валерьевна¹

Калач Елена Владимировна²

кандидат технических наук, доцент

Науменко Анна Петровна²

¹ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет

Аннотация: статье рассмотрены вопросы исследования качества огнезащитных покрытий. Показана необходимость разработки методики оценки качества огнезащитной обработки. Методика включает обоснование выбора экспертом конкретных методов, инструментов и способов осуществления контроля качества огнезащитной обработки разнообразных конструкций, применяемых в различных условиях проведения исследований.

Ключевые слова: исследования качества, пожарная безопасность, огнезащитная обработка, нормативные правовые акты, контроль огнезащитного покрытия

Ежегодно на территории Российской Федерации происходит значительное число пожаров, в результате которых растет материальный ущерб гибнут и получают травмы людей [1]. В Основах государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года (утв. Указом Президента РФ от 01.01.2018 № 2 [2]) определено, что одним из основных факторов, влияющих на состояние пожарной безопасности, является состояние строительных конструкций зданий и сооружений.

Одним из эффективных способом обеспечения пожарной безопасности объектов защиты является огнезащитная обработка строительных конструкций. При воздействии высоких температур, развивающихся во время пожара, конструкции деформируются, теряют устойчивость и несущую способность. В большинстве случаев наличие огнезащитной обработки позволяет избежать распространения возникшего возгорания и значительно уменьшить последствия от развития пожара. При этом, применение огнезащитных составов предполагает выполнение строгих требований таких как, обеспечение огнезащиты, как в условиях стандартного пожара, так и в условиях углеводородного пожара, повышенная стойкость к агрессивным средам (коррозионной устойчивостью) и воздействию атмосферных условий.

Несмотря на наличие в рассматриваемой области нормативных правовых актов, разрабатываемых и утверждаемых различными федеральными органами исполнительной власти (Росстандарт [3-6], МЧС России [7-8]), и профильными организациями различного уровня (ИСО [6], ВНИИПО [7-8]), при практической дея-

тельности по исследованию качества огнезащитной обработки металлических (стальных) и деревянных конструкций возникает ряд проблем. Одной из таких проблем является установление соответствия огнезащищенных конструкций и материалов требованиям пожарной безопасности. Важным является контроль сохранности огнезащитных свойств покрытий, нанесенных на объектах защиты. Для их решения необходимо прояснить следующие принципиально-важные вопросы.

1. Выбор специальных приборов для контроля толщины слоя нанесенного огнезащитного покрытия. В настоящее время определен общий класс приборов толщинометри, но при этом отсутствует утвержденный в установленном порядке нормативный правовой акт федерального уровня, определяющий: тип (модель) прибора, конкретные условия (случаи) его применения, объекты (конструкции определенного типа), для контроля которых он рекомендован, а также необходимая точность измерений (погрешность).

К ненормированным критериям выбора прибора можно отнести: дополнительную погрешность измерения, вызванную колебаниями температуры окружающей среды, размер зоны измерения преобразователей к толщиномеру, температурный диапазон работы, наличие износостойких контактных поверхностей, и другие. Наибольшее распространение для замеров толщины огнезащитного покрытия получили приборы «Константа К6Ц» и Elcometer 456, имеющие принципиально-важные при проведении исследований качества огнезащитной обработки отличия. В то же время в Руководстве [7] и Методике [8], «Для покрытий толщиной до 20 мм рекомендуется использовать магнитные толщиномеры (например, «Минитест», «МТ-2007»), ультразвуковые толщиномеры, микрометры...».

Таким образом, выбор прибора и его характеристик осуществляется исключительно самим экспертом, проводящим исследование.

2. Выбор датчиков к используемому толщиномеру. Существует множество разновидностей датчиков: прямые, угловые (для проведения измерений в труднодоступных местах), мини датчики (идеальны для измерения мелких деталей), телескопические (удлиняющиеся датчики для измерения в труднодоступных местах), и другие, отличающиеся также и диапазонами измерений.

В действующих национальных и ратифицированных в Российской Федерации международных стандартах отсутствует прямое указание на возможность и (или) необходимость замены датчика в процессе контроля одного объекта. Одновременно, если для приборов имеются хотя бы минимальные рекомендации по выбору с указанием типа приборов, то в случае с датчиками нет абсолютно никаких «реперных точек», позволяющих эксперту (испытателю) сделать оптимальный выбор для получения наибольшей достоверности исследования в каждом конкретном случае и в отношении конкретного конструктивного решения, которое подлежит контролю.

3. Нормирование отбора проб.

В соответствии с ГОСТ Р 53295-2009 [4] - «Измерение толщины покрытия проводится не менее чем в десяти точках по периметру обогреваемой поверхно-

сти двутавра, с шагом не более 500 мм...»; ГОСТ Р 53292-2009 [3] определяет, что «Количество отобранных образцов должно составлять не менее четырех с каждых 1000 м² огнезащищенной поверхности объекта (здания) или со всего объекта, если площадь обработки меньше 1000 м²»; в то же время в Руководстве [7] «Рекомендуемая норма отбора проб: не менее 4 - 5 с каждых 1000 м²...». Однако, в вышеуказанных документах отсутствует четкое нормирование требований следующих аспектов контроля:

- описание предпочтительных мест отбора образцов (точек контроля) для осуществления измерений и условий их выбора в зависимости от: внешнего вида проверяемого объекта, условий доступа поверхности объекта для обработки и контроля, в том числе наличие ограничений по использованию конкретных приборов для контроля, категории проверяемого здания по пожарной опасности, и другие;
- зависимость количества точек контроля (мест отбора образцов) от вышеуказанных параметров;
- расстояние между точками измерений (местами отбора образцов),
- принципы контроля огнезащитного покрытия (количество точек, место нахождения, шаг между ними) металлических конструкций различных геометрических форм.

Очевидно, что качество проводимых исследований напрямую зависит от квалификации и опыта эксперта.

4. Размеры отобранных образцов для контроля качества огнезащитного покрытия (для деревянных конструкций).

Учитывая, что причинами отрицательного заключения по результатам испытания образцов являются «обугливание обработанной ОС стороны образца по всей площади, ограниченной рамкой зажимного устройства, и (или) сквозное прогорание до образования отверстия» [3, п. 6.4.3.3], допустимые интервалы длины, ширины и толщины образцов [3, п. 6.4.2.3] являются значимыми для получения «нужного» результата испытаний; следовательно, должны быть точно нормированы в зависимости от указанных выше параметров.

5. Достоверность замеров толщины огнезащитного состава.

Данный вопрос необходимо рассматривать, во-первых, с учетом возможной недостоверности представленных заказчиком актов освидетельствования скрытых работ, а, во-вторых, учитывая риски недостоверного контроля толщины огнезащитного покрытия.

В первом случае необходимо уточнение критериев, при которых осуществляется постоянный контроль со стороны экспертной организации всех производимых на проверяемом объекте работ, а также условия и возможность проведения контроля с использованием разрушающих методов (с соответствующим определением количества и мест его применения).

Рассмотрение возможных подходов для снижения рисков недостоверного контроля методами толщинометрии является вопросом для отдельного

исследования. Отметим лишь, что в настоящее время в РФ для определения толщины огнезащитного покрытия применяется ГОСТ 31993-2013 [5].

6. Внешний вид проверяемого объекта: наличие сколов, трещин, отслоений, нео-крашенных мест и пр.

При проведении исследования на объекте эксперт может руководствоваться только п. 4.2.1 [7] и п. 4.1 [8], определяющими соответствие внешнего вида конструкций и изделий как «отсутствие сквозных трещин, отслоений, других видимых признаков разрушения покрытия, изменений цвета и т.д...», что приводит к субъективности принимаемого решения при применении визуального метода контроля.

7. Условия проведения исследований. В нормативных документах федерального уровня определены условия только для проведения испытаний в лабораторных условиях.

8. Репрезентативность предоставленных заказчиком образцов. В случаях, когда исследуются образцы, отобранные с деревянных конструкций без участия экспертной организации, достоверность заключения по результатам исследования становится сомнительной. Таким образом, для повышения доверия к заключениям в случаях испытаний предоставленных заказчиком образцов, необходимо нормативное уточнение условий, при которых не допустимо использовать отобранные без участия представителя экспертной организации образцов, а также условия «доверия» заказчику.

Проведенный анализ рассматриваемой области, позволяет сделать вывод о неоднозначности имеющихся в действующих нормативных правовых документах требований, а также наличии «белых пятен» в вопросах выбора конкретных методов, инструментов и способах осуществления контроля качества огнезащитной обработки разнообразных конструкций (объектов). В настоящее время можно наблюдать отдельные неправомерные действия должностных лиц, ответственных за исследования качества огнезащитной обработки, оправдываемых применением в процессе исследований требований исключительно национальных стандартов.

Разработка методики оценки качества огнезащитной обработки, на основании большого практического опыта и глубоких теоретических знаний действующих экспертов в области пожарной безопасности, позволит значительно сократить риски необоснованных выводов.

Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году». URL: https://static.mchs.ru/upload/site23/document_file/iTMtCaPycm.pdf (дата обращения 04.09.2020 г.).
2. Указ Президента Российской Федерации от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года».

3. ГОСТ Р 53292-2009 Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний.
4. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности.
5. ГОСТ 31993-2013 Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия.
6. ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень окисления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий.
7. Руководство «Оценка качества огнезащиты и установление вида огнезащитных покрытий на объектах», утв. ФГУ ВНИИПО МЧС России от 15.11.2010. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124896> (дата обращения 02.09.2020 г.).
8. Серенков, П. С. Риск-ориентированный подход к разработке методик контроля / П. С. Серенков, Гуревич В. Л., В. Р. Мовламов, А. С. Етумян // Приборы и методы измерений, 2018. - Т. 9, № 2. – С. 155–166.

Проблема подачи огнетушащих веществ на тушение пожаров в условиях низких температур

Ширинкин Павел Владимирович

кандидат технических наук, доцент

Сержинмаа Амиран Аясович

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье приведены основные проблемы подачи огнетушащих веществ в условиях низких температур. Рассмотрены технические и организационные мероприятия борьбы с пожарами в условиях низких температур принятые в пожарно-спасательных гарнизонах на основе многолетнего опыта работы подразделений. Также современные средства и методы тушения пожаров в условиях низких температур.

Ключевые слова: пожар, техника, низкая температура, тушение, огнетушащие вещества.

Практически 50 % территории и более трети населения Российской Федерации находится в холодных климатических районах, где средняя температура воздуха в январе значительно ниже отметки $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6]. Тушение пожаров при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже относится к боевым действиям по тушению пожаров в условиях низких температур.

При тушении пожаров в условиях низких температур возникает ряд проблем осложняющих работу насосно-рукавных систем, пожарной техники, противопожарного водоснабжения, подачу огнетушащих веществ и снижающих тактические возможности подразделений.

Низкие температуры осложняют условия работы личного состава пожарно-спасательных подразделений и техники, используемой при тушении пожаров ввиду повышенной интенсивной эксплуатации и сопутствующего значительного снижения тактико-технических характеристик. Бесперебойная подача воды к месту пожара затрудняется со снижением температуры в водопроводе и открытых водоемах, и возникновением опасности промерзания воды в рукавных линиях [8].

На продолжительность времени ликвидации пожаров в условиях низких температур могут влиять отсутствие специальной техники и пожарно-технического оборудования для работы на морозе, неприспособленность личного состава к работе в сложных климатических условиях.

Таким образом, развитие пожаров до крупных размеров во многом будет зависеть от оснащённости подразделений пожарной техникой, подготовленности личного состава и эффективности его действий в условиях низких температур.

Наиболее общепринятые и современные средства и методы борьбы с пожарами в условиях низких температур определены рядом нормативных документов.

При тушении пожаров в условиях низких температур необходимо строго руководствоваться требованиями Боевого устава подразделений пожарной охраны (далее - БУПО), определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [1].



Рис. 1. Основные действия, сопутствующие тушению пожаров в условиях низких температур

Работы по тушению пожаров в условиях низких температур осложняются возможными перебоями и отказом в работе пожарной техники и ПТВ. Влияние низких температур приводит к уменьшению напора и расхода воды на стволах, что необходимо учитывать при обеспечении бесперебойной подачи воды.

Бесперебойная подача огнетушащих средств является основной задачей обеспечения успешного тушения пожаров в условиях низких температур.

Зимой особенно трудно обеспечить бесперебойную подачу воды к месту работы, где температура воды в водопроводе снижается до 0,5–1,0 °С, а в открытых водоемах, реках и озерах – до 0 °С. Замерзает вода в напорной рукавной линии, так как отдает теплоту в окружающее пространство. Температура стенок рукавов близка к температуре окружающего воздуха и поступающая в них вода быстро охлаждается, превращаясь иногда в ледяную пастообразную массу («шугу»), которая закупоривает линию и ствол [2].

Образование льда приводит к увеличению сопротивления потоку воды и к уменьшению напора на выходе из стволов. Вследствие этого подаваемого количества воды становится недостаточно для локализации и тушения пожара.

С понижением температуры окружающего воздуха также значительно сокращается время работы рукавных линий до замерзания (прекращения эффективной подачи воды), достигая значений 20-30 мин. при температурах воздуха от -40 до -50 °С.

В этих условиях действия личного состава должны быть направлены на сокращение времени боевого развертывания пожарно-спасательных подразделений. Для этих целей разработаны и используются необходимые общепринятые мероприятия в зависимости от тактических возможностей

пожарно-спасательных подразделений. Так, например, при запуске пожарного насоса необходимо вначале открывать задвижку напорного патрубка, к которому не присоединена рукавная линия. Подача воды на излив, позволяет водителю пожарного автомобиля убедиться в устойчивой работе пожарного насоса [2]. Через 15-20 секунд необходимо увеличить число оборотов вала насоса, и плавно открывая задвижку патрубка с присоединенной напорной рукавной линией, одновременно закрывать задвижку напорного патрубка без рукавной линии (такой порядок запуска насоса исключает возможность замерзания воды в напорной рукавной линии в случае обрыва водяного столба).

Такие специальные мероприятия для повышения эффективной работы пожарной техники и пожарного оборудования довольно распространены, и они не раз проверены на практике.

Пожарно-спасательные гарнизоны на основе многолетнего опыта разработали целую систему организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение готовности подразделения при тушении пожаров в условиях низких температур.

В гарнизонах издается приказ о подготовке техники и вооружения к эксплуатации в зимний период. В соответствии с этим руководящим документом каждый пожарный автомобиль, состоящий в боевом расчете, снабжается так называемым зимним комплектом [5]. В него входят: паяльная лампа, комплект факелов, емкость с ЛВЖ для розжига факелов, зимняя снеговая лопата, устройство для отогревания пожарных гидрантов. Их наличие, а также исправность ежедневно контролируются в подразделении. Помимо технических мероприятий есть и организационные мероприятия, которые улучшают и обеспечивают непрерывность введения боевых действий.

Технические и организационные мероприятия значительно облегчают работу пожарно-спасательных подразделений при реагировании на различные пожары в условиях низких температур.

Наука и техника не стоит на месте, все чаще исследуются и разрабатываются более современные и новые средства и методы борьбы с пожарами в условиях низких температур.

В настоящее время ведется поиск технических решений по созданию средств предотвращения замерзания воды в рукавных линиях (рис. 2).

Для повышения эффективности работы технических средств целесообразно внедрять комплексное применение методов, например:

- использование специальной пожарной техники и одного из рекомендуемых способов нагревания воды;
- использование способов нагревания потока воды совместно с методами теплоизоляции рукавных линий;
- применение специальной пожарной техники в сочетании с одним из способов нагревания потока воды и методами теплоизоляции рукавных линий.



Рис. 2. Основные технические решения по предотвращению замерзания воды в рукавных линиях

У 50% автомобилей, эксплуатируемых в холодных климатических зонах, отсутствует подогрев пожарного насоса, который осуществляется выхлопными газами двигателя, размещением насоса в кабине для личного состава, автономными отопителями насоса или системой охлаждения двигателя.

Такие системы подогрева пожарного насоса предназначены для обеспечения работоспособности и защиты от замерзания только самого насоса. Такие системы не способны защитить рукавные линии в связи с тем, что объем и скорость подачи транспортируемых огнетушащих веществ не позволяют повысить их температуру в рукавной линии до значений, обеспечивающих продолжительную бесперебойную работу рукавных линий.

Существуют пожарно-спасательные автомобили повышенной холодоустойчивости, например, ХЛ ПСА-С-6,0-40, АЦ-С 8,0-70, ПСА-С 6,0-70 в «северном» исполнении (рис. 3). Эти автомобили предназначены для осуществления пожарно-спасательных действий в экстремальных условиях при резко отрицательных температурах, достигающих до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также просто холодоустойчивые машины меньшей выносливости (АЦ-40(131)153, АЦ40/3(131с)153А, АЦ-8-40(4320), АЦ-8-40(43118), АНР-40(43118)) [6]. Например, работоспособность насосно-рукавной системы при длительной подаче огнетушащих веществ в условиях низких температур при использовании пожарно-спасательного автомобиля ПСА-С-6,0-40 обеспечивается вихревым теплогенератором [4].

Существующие технические решения, направленные на обеспечение работоспособности пожарной техники, не решают всего комплекса проблем, вызванных работой в условиях низких температур, при этом значительно повышают её стоимость и требуют дополнительного технического обслуживания.



Рис. 3. Пожарно-спасательный автомобиль повышенной холодоустойчивости

Предусматривается также широкое применение теплотехнического способа предотвращения обледенения с применением различных теплотехнических защитных устройств. Для эффективного его применения используют технические устройства (вставки), что позволяет поднять температуру воды, подаваемой по напорным рукавным линиям, на 1,1–2,0 °С. Кроме этого, в рукавной арматуре (соединительных головках) используются полимерные втулки, что, в частности, позволяет повысить теплоизолирующую способность рукавных головок. Ввиду незначительного увеличения температуры в рукавных линиях эти устройства лишь упрощают уборку замерзших рукавных линий. Следовательно, поиск и разработка новых технических решений по предотвращению замерзания ОТВ в рукавных линиях является актуальным.

Предотвратить обледенение напорной рукавной линии возможно и введением специальных веществ в воду, что позволяет снизить температуру ее кристаллизации. Однако этот способ широкого применения в пожарной охране не нашел. Перспективным считается введение в воду морозоустойчивых (–40, –50 °С) пенообразователей.

Для снижения температуры замерзания воды применяют специальные антифризы и добавки. Самой низкой температурой замерзаний обладает раствор хлорида лития (LiCl) –68°С. Всё это актуально, поскольку сегодня более 90 % пожаров устраняется при помощи использования водяной системы тушения. Должно увеличиться и применение огнетушащих порошковых составов (а также пены и т.п.), порошки не токсичны, не электропроводны и не оказывают вредного воздействия на материалы, они не замерзают, поэтому их применяют при низкой температуре. Оправдано при низких температурах применение средств тонкого распыления воды (ТРВ), потому как в холодных районах нужна высокая эффективность тушения и могут присутствовать проблемы с обеспечением водой (при применении ТРВ её расходуется меньше) [5].

Для решения теплоизоляции пожарно-спасательной техники применяются подогречные механизмы: «теплый капот», толстые стекла или зимние «вторые стёкла»,

специальные комплектующие, жидкости для экстремальных температур, специальные стартеры, использование бензина с повышенным содержанием лёгких фракций и пониженной температурой конца кипения, регулировка радиатора и др.

Также разработан автомобиль пожарный многоцелевой (рис. 4) со специальным теплообменником для получения так называемой температурно-активированной воды. Основным средством тушения, при использовании АПМ является паро-воздушно-капельная смесь с диаметрами капель 0,01-10,0 мкм [3].



Рис. 4. АПМ 3-2/40-1,38/100-100 (43118) мод. ПуРоЗ-МПЗ

В ходе испытаний выяснено, что струи ТАВ обладают повышенной огнетушащей способностью не только в обычных условиях, но и в условиях низких температур. АПМ также применяется для обеспечения работоспособности рукавных линий при низких температурах. Однако применение АПМ требует дополнительного времени для сосредоточения сил и средств, а также увеличение расхода горюче-смазочных материалов. Кроме того, АПМ не распространён в пожарно-спасательных гарнизонах, он выполнен в климатическом исполнении У, что ограничивает его эксплуатацию при температуре ниже -40°C .

Согласно проведенному анализу в пожарно-спасательных гарнизонах используются различные технические средства и организационные мероприятия, направленные на улучшение работы подразделений и сокращение времени при тушении пожаров в условиях низких температур. Многие исследователи занимаются проблемами эксплуатации пожарной техники и пожарно-технического вооружения и оборудования в условиях низких температур. Однако применение общепринятых и новых решений не всегда позволяет достичь желаемого результата или их использование носит локальный характер.

Вышесказанное свидетельствует о необходимости продолжения исследований, связанных с разработкой новых технических средств и методов для обеспечения эффективной подачи огнетушащих веществ при длительном тушении пожаров в условиях низких температур.

Список использованных источников

1. Об утверждении Боевого устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: Приказ МЧС России от 16.10.2017 года № 444 (Зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 20 февраля 2018 г., регистрационный N 50100).
2. Решетов А.П., Башаричев А.В., Ключ В.В. Пожарная тактика. Учебное пособие. / под общ.ред. В.С. Артамонова. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС РФ, 2011. – 308 с.
3. Храмов С.П. Технические средства подачи температурно-активированной воды теплоэнергетической установкой для тушения пожаров на объектах энергетики: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / С.П. Храмов. Москва: Академия ГПС МЧС России. 2011. 245 с.
4. Двоенко О.В. Насосно-рукавные системы пожарных автомобилей, обеспечивающие тушение пожаров и аварийное водоснабжение на объектах энергетики в условиях низких температур: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / О.В. Двоенко. Москва: Академия ГПС МЧС России. 2014. 190 с.
5. Душкин А.Л., Ловчинский С.Е., Рязанцев Н.Н. Первичные средства пожаротушения для Арктики // Пожаровзрывобезопасность. 2016. С.64–74. №5. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pervichnye-sredstva-pozharotusheniya-dlya-arktiki> (дата обращения: 05.09.2020).
6. Игнатьев А.Л. Особенности организации тушения пожаров в условиях низких температур // АиС. 2011. №3. С.162–168. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-organizatsii-tusheniya-pozharov-v-usloviyah-nizkih-temperatur> (Дата обращения: 15.09.2020).
7. Караморин А.Н., Жердев А.В. Проблематика тушения пожаров в условиях низких температур // Студенческий: электрон. научн. журн. 2018. № 18(38). URL: <https://sibac.info/journal/student/38/117782> (Дата обращения: 21.09.2020).
8. Интернет ресурс: https://fireguys.ru/metodicheskie_plany/pozharnotakticheskaja-podgotovka/tushenie-pozharov-i-likvidacija-chs-v-neblagoprijatnyh-klimatiches.html (Дата обращения: 05.09.2020).

Исследование свойств огнетушащих порошковых составов при введении в них цеолитов

Скрипник Игорь Леонидович¹

кандидат технических наук, доцент

Каверзнева Татьяна Тимофеевна²

кандидат технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

²ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация: Проведены исследования огнетушащей эффективности, слеживаемости, текучести экспериментальных огнетушащих порошковых составов при использовании в них следующих составных частей: пыли хлорида калия, модификатора на базе мочевиноформальдегидной смолы, аэросила и цеолита. Показано, что с повышением содержания составных частей ОПС, при одинаковом 5%-ом содержании, огнетушащая эффективность возрастает, с повышением процентного содержания цеолита в двухкомпонентном составе, текучесть и слеживаемость изделий снижается.

Ключевые слова: цеолит, характеристики, эффективность, текучесть, слеживаемость.

Одной из актуальных задач по обеспечению пожарной безопасности строительных конструкций и технологического оборудования является подготовка новых и модернизация существующих средств и способов защиты [1-4]. Среди таких, общедоступных, дешевых веществ выделяют природные сорбенты - цеолиты.

Возможность их применения обусловлена физико-химическими свойствами [5]. Они хорошо обрабатываются. В природе цеолиты везде распространены широко. В настоящее время существуют крупные месторождения, позволяющие добывать цеолиты открытым способом. Поэтому их можно применять в качестве составляющих в средствах, обеспечивающих пожарную безопасность [6-10]:

- в огнетушащих порошковых комбинированных составах (ОПС);
- в виде наполнителя вспенивающихся лакокрасочных материалов (ВЛКМ), для которых является чрезвычайно актуальным механическая прочность, образующегося при термическом воздействии слоя пенококка;
- в огнепреградителях, для повышения их огнестойкости.

Проведены исследования о возможности использования природных цеолитов для повышения пожарной безопасности технологического оборудования и строительных конструкций на основе исследования рабочих и эксплуатационных харак-

теристик ОПС, имеющих в своем составе одним из компонентов – природный цеолит (клиноптилолит).

Для исследования огнетушащей эффективности ОПС подготовлена установка (рис. 1). Слеживаемость порошков оценивалась по предельному напряжению сдвига (P_m), которое определялось по усилию тангенциального смещения индентора (F)- гладкой пластины известного размера, помещенного в слой уплотненного порошка на вибростенде по выражению:

$$P_m = F / (2S) \quad (1)$$

где S – площадь одной стороны пластины.

Склонность порошка к слеживаемости, характеризовалось показателем, представляющим собой разность предельных значений напряжений сдвига до и после нахождения в атмосфере повышенной влажности.

Для исследования огнетушащей эффективности и слеживаемости экспериментальных ОПС применяли следующие составные части порошка: пыль хлорида калия, модификатор на базе мочевиноформальдегидной смолы (МФС), аэросил, цеолит (рис. 2,3,4).

Получено, что с повышением содержания составных частей ОПС, огнетушащая эффективность возрастает. Это объясняется улучшением текучести и слеживаемости. Для трех составов показатель огнетушащей эффективности имеет наилучшее значение при общем, в равном отношении, процентном содержании добавок в количестве 5%. При других соотношениях данный показатель уменьшается.

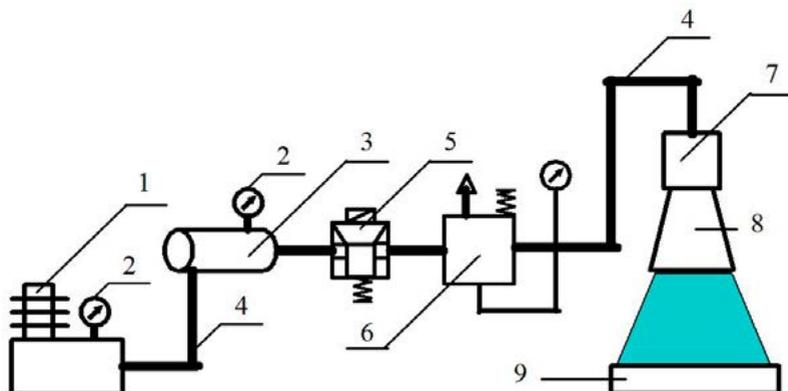


Рис. 1. Схема установки для нахождения эффективности ОПС:
1-компрессор; 2-манометр; 3-ресивер; 4-трубопровод; 5-кран; 6-редуктор;
7-емкость с ОПС; 8-насадка; 9-место горения

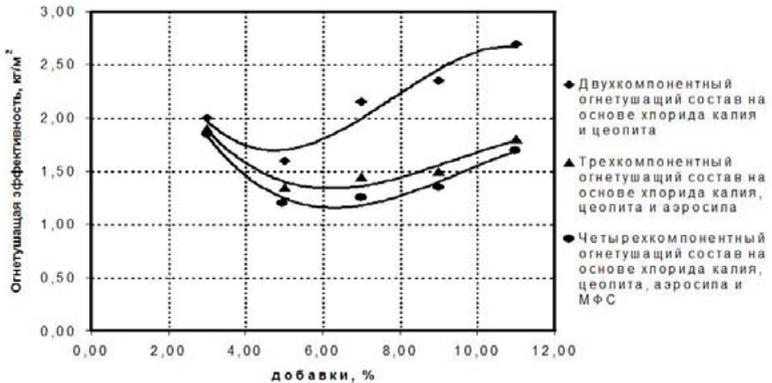


Рис. 2. Огнетушащая эффективность ОПС с одинаковым процентным содержанием компонентов

Эксперименты, проводимые на тех же составах по определению текучести, показали, что с повышением процентного содержания цеолита в двухкомпонентном составе, текучесть изделий снижалась. Это объясняется физико-химическими свойствами цеолита (присутствие в нем воды). Когда добавляется в состав ОПС аэросил и модификатор, текучесть изделий возрастает.

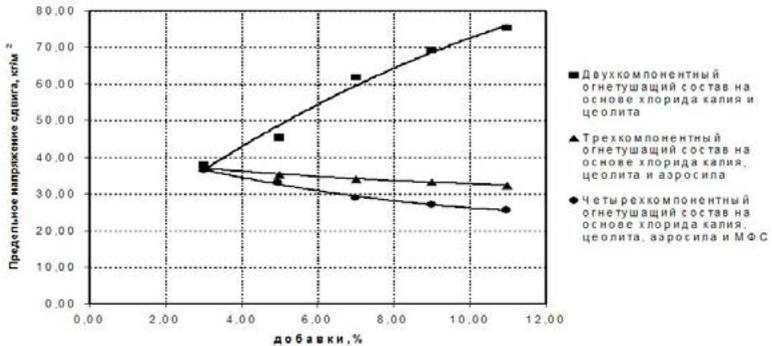


Рис. 3. Предельное напряжение сдвига ОПС с одинаковым процентным содержанием составных частей

Исследования при определении слеживаемости, показали, что повышение в составе ОПС цеолита ведет к уменьшению показателя. Это объясняется возможностью цеолита впитывать воду. Таким образом, введение дополнительных составляющих в состав ОПС повышает текучесть, уменьшает слеживаемость, но и уменьшает огнетушащую эффективность. Поэтому, необходимо знать для каких целей будет применяться ОПС.

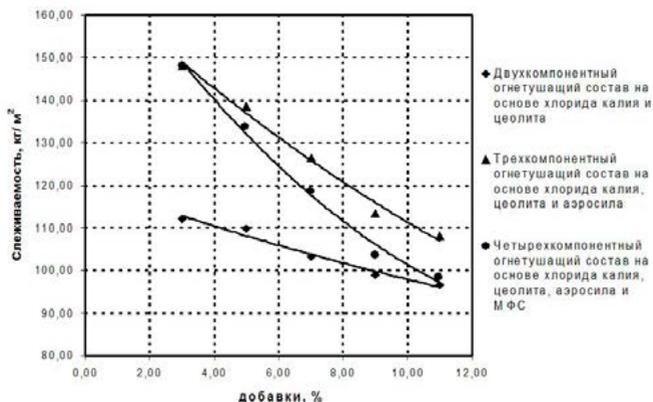


Рис. 4. Слеживаемость ОПС с одинаковым процентным содержанием компонентов

Исследование влияния процентного состава цеолита в хлориде калия, аэросиле, модификатора на базе МФС и цеолита при равном соотношении других составляющих, показало, что наилучшая огнетушащая эффективность изделий получается при количестве составляющих: цеолит - 3%, аэросил - 1%, модификатор - 1%, хлорид калия - 95%.

Таким образом показано, что с введением в состав ОПС цеолита снижает текучесть, слеживаемость и незначительно уменьшают огнетушащую эффективность.

Список использованных источников

1. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Исследование возможности применения гидрогелей в качестве огнетушащего вещества на нефтебазах авиапредприятий // Научно-аналитический журнал. Проблемы управления рисками в техносфере, № 2 (50)-2019, С. 149-157.
2. 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.
3. Торопов Д.П, Иванов А.В., Скрипник И.Л. Моделирование тушения пожара жидких углеводородов в условиях применения огнетушащих суспензий воды с углеродными наноструктурами // Научный электронный журнал. Вестник Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2019. № 3 (24), С. 91-104.
4. Сорокин А.Ю., Иванов А.В., Скрипник И.Л., Симонова М.А. Нейросетевое моделирование условий обеспечения электростатической искробезопасности процессов транспортировки модифицированных углеводородных жидкостей на основе экспериментальных данных // Научный электронный журнал. Вестник

Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России. 2018/№ 1(18), С. 63-76.

5. Скрипник И.Л. Исследование применение комбинированных огнетушащих составов для тушения горючих жидкостей // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей пятой международной научной конференции. 30-31 мая 2020 г. Часть 1. – Казань: ООО “Конверт”, – 2020. С. 189-192.
6. А.В. Иванов, И.Л. Скрипник, Е.Н. Кадочникова. Характеристика модифицированных огнезащитных вспучивающихся составов // XIV Международная научно-практическая конференция “Комплексная безопасность и физическая защита. Труды VII Мемориального семинара профессора Б.Е. Гельфанда”. 2018.– С. 285-293.
7. Столяров С.О., Скрипник И.Л. Применение синергизма для создания оптимального состава огнезащитных покрытий // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 11 декабря 2019 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 216-221.
8. Пустовалов И.А., Скрипник И.Л. Влияние агрессивных факторов окружающей среды на надежность металлических конструкций с нанесенным на них тонкослойным вспучивающимся огнезащитным покрытием // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 16 апреля 2020 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 76-80.
9. Столяров С.О., Скрипник И.Л. Повышение свойств огнезащитных покрытий, модифицированных микрокапсулированными цеолитами // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 21 апреля 2020 г.- Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 425-430.
10. И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Исследование на пламянепроницаемость и огнестойкость пламягасящих насадок сухих огнепреградителей // 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. 420-424.

Анализ применения насосно-рукавных систем при тушении крупных пожаров и ликвидации ЧС в России и за рубежом

Сацук Иван Владимирович

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: Проведен анализ применения пожарной техники на крупных пожарах и при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в мире, рассмотрена продукция, предлагаемая заводами-изготовителями крупных стран мира, позволяющая осуществлять забор и подачу большого количества огнетушащих средств на значительные расстояния.

Ключевые слова: пожарная техника, пожарный насос, пожарные рукава

На вооружении немецких пожарных имеются пожарные автомобили, предназначенные для обеспечения значительных расходов воды при тушении пожаров. Так, например, учебный центр пожарной команды Оберхаузена (NRW) располагает пожарным автомобилем модульного типа WLF32 оборудованным контейнером AB-HFS (Abrollbehälter – HFS (Hytrans Fire System – наименование производителя, с точки зрения классификации используется аббревиатура WFS) – рукавный контейнер), на основе контейнерной системы GW-L2 (рис. 1), специализирующимся на перекачивании большого количества воды с помощью специальных насосов от Hytrans Fire System (Нидерланды). Эти машины применяются, при тушении крупных пожаров, например, в промышленных зонах, или пожаров в безводных районах, требующих доставки воды на значительные расстояния. Эти автомобили помимо тушения пожаров могут также применяться для работы в затопленных районах при наводнениях [1].

Технические характеристики насосного модуля HydroSub 150:

- мощность встроенного двигателя: 147 кВт/200 л.с.;
- производительность насоса: 3500 л/мин (58 л/с) с давлением 10 бар или с другим насосным колесом 8000 л/мин (133 л/с) с давлением 2,1 бар;
- высота забора воды (с использованием отдельных всасывающих модулей): 50 м;
- необходимая для успешного забора глубина воды: 30 см;
- диаметр используемых пожарных рукавов: 150 мм.

В Соединенных Штатах Америки проблему подачи большого количества воды на большие расстояния решают использованием мощных насосных систем и погружных насосов [2].

Из многообразия технических решений рассмотрим оборудование и технику фирмы US Fire Pump, которая использовалась 17.03.2019 при тушении пожара в хранилище жидких углеводородов и газов на объекте Deer Park компании Intercontinental Terminals Company (ITC) [3].



Рис. 1. Использование WLF32 с АВ-НФС. Подача воды лафетными стволами (переносным и автомобильным)

Технические характеристики мобильной насосной системы USFP 6250 GPM (рис. 2)

Мощность встроенного двигателя: 800 л.с

Диаметр всасывающих патрубков: 2 по 300 мм и 4 по 200 мм

Диаметр напорных патрубков: 1 патрубок на 300 мм и 6 по 150 мм

Производительность насоса: 6250 галлонов/мин (473 л/с) с давлением 150 psi (10,3 бар) при заборе воды из открытого водоисточника, и до 10 000 галлонов/мин (757 л/с) от водоисточника под давлением.



Рис. 2. Использование мобильной насосной системы USFP 6250 GPM

Технические характеристики гидравлических погружных насосов Dual 5000 (рис. 3):

- мощность двигателя: 450 л.с.;
- производительность погружных насосов: 5000 галлонов/минуту (378 л/с) каждый;
- диаметр напорных патрубков: 300 мм.



Рис. 3. Использование гидравлических погружных насосов Dual 5000

В связи с островным расположением и прибрежным расположением населенных пунктов в Японии актуальна проблема подачи именно морской воды на большие расстояния.

11.03.2011 года при ликвидации последствий аварии на АЭС Фукусима-1, а также 22.12.2016 при тушении пожара в японском городе Итогава площадью 30 412 м² (рис. 4) использовались водовозы дальнего действия (рис. 5) совместно с рукавным автомобилем (рис. 6) [4; 5].



Рис. 4. Схема подачи воды при тушении пожара в г. Итогава

Технические характеристики водовоза дальнего действия [6]:

- производительность погружных насосов: 2 насоса по 208 л/с каждый;
- длина рукавной линии: 600 м рукавов диаметром 300 мм;



Рис. 5. Установка погружных насосов водовоза дальнего действия

Технические характеристики рукавного:

Длина рукавной линии автомобиля составляет 1400 м из рукавов диаметром 200 мм.



Рис. 6. Развертывание рукавного автомобиля

Со второй половины 20 века в СССР для подачи воды на большие расстояния, тушения крупных пожаров лесных массивов, торфяников, больших складов стали применять пожарные насосные станции в связке с рукавными автомобилями [7; 8].

Пожарные насосные станции (далее – ПНС) (рис. 7) монтируются на шасси высокой проходимости, что позволяет ей оперативно изменять место установки и быстро начинать работу.



Рис. 7. ПНС-110(131)131А в работе

Такие станции обеспечивают работу трех-четырех автоцистерн с подачей 30 – 40 л/с. Они обеспечивают подачу воды на расстояние до 2 км.

На ПНС изготавливаемых в России широко применяются современные пожарные насосы марки НЦПН-100/100М.

Пожарные рукавные автомобили (далее – АР) (рис.8) предназначены для обеспечения подачи большого количества воды на значительные расстояния. Они укомплектовываются большим количеством пожарных напорных рукавов диаметром 77, 110 или 150 мм. Общая длина рукавов достигает 2000 – 5000 м.

АР оборудуются устройствами для скатки рукавов и их погрузки в кузов автомобиля. Скатанные рукава могут транспортироваться в кузове или на крыше АР.



Рис. 8. АР 1,9/2,8 (5557) – вид со стороны рукавного отсека

В 2011 году в России в рамках Дня передовых технологий и инноваций МЧС России был представлен универсальный насосно-рукавный комплекс «Поток» на базе шасси автомобиля «КамАЗ» [9].

Насосно-рукавный комплекс «Поток» (рис. 9) может подавать воду по рукавной линии на расстояние до полутора километров со скоростью до 8000 л/мин. Не нуждается в оборудованных водоисточниках. Его погружные насосы могут забирать воду практически отовсюду, даже из труднодоступных водоемов с обрывистыми или заболоченными берегами, в том числе – с малых глубин.



Рис. 9. Насосно-рукавный комплекс «Поток» при сборе рукавной линии

Мощный насосный модуль способен перекачивать до восьми тонн воды в минуту (133 л/с) по рукавной линии диаметром 150 мм, а скорость разворачивания рукавной линии может достигать 40 км/ч. По окончании работы специальное устройство укладывает рукава на место, одновременно очищая их от воды и налипшей грязи. Тут же комплекс может быть переброшен на новое место – несколько минут, и он снова готов к работе.

НРК «Поток» был задуман как комплекс для тушения лесных пожаров, но его применение может быть гораздо более широким. «Поток» можно использовать для тушения всех пожаров. Кроме того, его функция может состоять и в обеспечении водой жилых микрорайонов в случае ее временного отключения, например, вследствие аварии, а также в таких условиях сельской местности, где нет ни водопровода, ни водоема поблизости.

В 2012 году был презентован насосно-рукавный комплекс ШКВАЛ (рис. 10). Данный комплекс состоит уже из двух автомобилей с погрузочно-разгрузочным механизмом «мультилифт» и отдельными модулями: насосным и рукавным.



Рис. 10. Насосно-рукавный комплекс модульный «Шквал» в работе

Основные тактико-технические характеристики НРК Шквал [10]:

- забор воды из открытых источников с отметки минус 15 метров по вертикали относительно расположения насосного модуля или по горизонтали на расстоянии 60 метров от насосного модуля до погружного насоса;
- подача воды на расстояние не менее 1,5 км от насосного модуля с расходом до 400 л/с;
- осуществление забора воды как из оборудованных (приспособленных), так и необорудованных (неприспособленных) водоемов, имеющих обрывистые берега, а также с мостов, эстакад, причальных сооружений и т.д.;
- оперативная прокладка на большие расстояния рукавных линий со скоростью до 40 км/ч;
- откачка больших объемов водяной смеси при чрезвычайных ситуациях природного характера;
- механизированный подъем рукавов при сворачивании комплекса.

При тушении лесоторфяных пожаров в Тверской области в 2014 году применение установки «Шквал» позволило перебросить на другие проблемные участки четыре пожарно-насосные станции, обеспечивая бесперебойную работу на расстоянии 3,0 км четырех магистральных линий диаметром 150 мм. Всего протяженность рукавных линий составляла 4,5 км, из которых 1,5 км это рукава диаметром 300 мм [11].

Подход к решению проблемы забора и подачи большого количества огнетушащих веществ на значительные расстояния в зарубежных странах имеет как общие элементы, так и некоторые различия.

Практически вся рассматриваемая техника для забора воды использует гидравлические погружные насосы. Для прокладки рукавных линий используются рукава диаметром 150, 200 и 300 мм в зависимости от производительности насосных установок. Техника, предлагаемая американскими заводами-изготовителями, в отличие от других стран, имеет более высокую производительность и количество патрубков, однако поставляется в виде прицепов или стационарных контейнеров, что не позволяет использовать насосно-рукавные системы в условиях слаборазвитой инфраструктуры. С положительной стороны следует отметить наличие у некоторых образцов зарубежной пожарной техники крана для вертикального подъема и опускания погружных насосов (при резком перепаде высот или наличии бордюра).

Используемые в гарнизонах России пожарные насосные станции технически устарели и не дотягивают до производительности современных образцов техники, однако насосно-рукавные комплексы «Поток» и «Шквал» не уступают образцам современной зарубежной

Список использованных источников

1. WLF32 Arocs 8x8+AB-WFS(NRW) FAHRZEUGBESCHREIBUNG. Режим доступа: URL:http://www.feuerwehr-olpe.de/wpcontent/uploads/2016/05/Fahrzeugbeschreibung-HLWF_NRW_2015_Olpe.pdf
2. Moving Big Water Involves Specialized Pumps, Equipment. Issue 5 and Volume 23. Режим доступа: URL: <https://www.fireapparatusmagazine.com/2018/05/01/moving-big-water-involves-specialized-pumps-equipment/#gref>
3. URL: <http://www.usfirepump.com/>
4. URL: https://unlimbers17.rssing.com/chan-9859384/all_p2.html
5. URL: https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/kento209_06_shiryo5.pdf
6. URL: <https://www.nikki-net.co.jp/supply/supply08>
7. URL: <https://wiki-fire.org/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8.ashx>
8. URL: <https://www.wiki-fire.org/%d0%9f%d0%be%d0%b6%d0%b0%d1%80%d0%bd%d1%8b%d0%b5%20%d1%80%d1%83%d0%ba%d0%b0%d0%b2%d0%bd%d1%8b%d0%b5%20%d0%b0%d0%b2%d1%82%d0%be%d0%bc%d0%be%d0%b1%d0%b8%d0%bb%d0%b8.ashx>
9. URL: <http://luki.ru/vpn/news/182616.html>
10. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/nasosno-rukavnyiy-kompleks-shkval-400-1-6-300-tth-i-printsip-raboty/>
11. URL: http://science-bsea.bgita.ru/2015/les_2015/kuznecov_sovr.html

Оценка условной вероятности травмирования людей при пожаре в зависимости от категории виновника пожара

Кайбичев Игорь Анполинарьевич

доктор физико-математических наук, доцент

Покидов Андрей Алексеевич

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

Аннотация: Выполнена оценка условной вероятности травмирования людей при пожаре на территории Российской Федерации в зависимости от категории виновника пожара. С вероятностью 0,95 установлено, что эмпирическое распределение условной вероятности по категории виновника пожара не совпадает с распределением Пуассона, но совпадает с геометрическим распределением.

Ключевые слова: категории виновника пожара, условная вероятность травмирования при пожаре по категории виновника пожара, эмпирическая частота.

Частоты возникновения пожаров и пожароопасных ситуаций в общественных зданиях и зданиях производственного назначения рассчитаны в работе [1]. Эти расчеты нужны для проведения оценки пожарного риска. К данному моменту времени нет исследований по оценке условной вероятности травмирования людей при пожаре в зависимости от категории виновника пожара.

Условная вероятность - вероятность наступления события А при условии, что событие В произошло. Вероятность события А, вычисленную в предположении, что о результате эксперимента уже что-то известно (событие В произошло), мы будем обозначать через $P(A|B)$. Событие А состоит в том, что человек получил травму при пожаре, произошедшем по определенной категории виновника. Событие В состоит в том, что при пожаре травмирован человек.

Для расчетов используем данные [2-7] по количеству погибших по категориям причин (Таб. 1). При этом категории виновника пожара обозначим целочисленной переменной N, принимающей значения 1, 2, 3, ..., 20. Значению N = 1 соответствует категория виновное лицо не усматривается, N = 2 – работник рабочих специальностей, N = 3 – лицо без определенного рода занятий, N = 4 – пенсионер, N = 5 – виновное лицо не установлено, N = 6 – инвалид, N = 7 – домохозяйка (домработница), N = 8 – прочее лицо, N = 9 – ребенок дошкольного возраста, N = 10 – лицо без определенного места жительства, N = 11 – ребенок среднего и старшего школьного возраста, N = 12 – ребенок младшего школьного возраста, N = 13 – индивидуальный предприниматель, N = 14 – инженерно-технический работник, N = 15 – учащийся высшего и среднего проф. обр. учреждения, N = 16 – служащий, N = 17 – руководитель организации (предприятия), N = 18 – иностранец, N = 19 – лицо без гражданства, N = 20 – лицо, находящееся в местах лишения свободы.

Таблица 1. Количество травмированных при пожарах в Российской Федерации по категории виновника пожара в период 2010-2018 годов

N	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	1843	2517	2914	2591	2799	3120	2559	2482	2617
2	2089	2017	2104	1884	1952	1778	1704	1493	1524
3	2583	2387	2085	1948	1823	1618	1383	1244	1240
4	2052	1911	1888	1732	1699	1639	1542	1492	1547
5	1962	1203	1111	1023	1029	1138	1325	1411	1453
6	475	425	406	383	336	313	277	222	237
7	456	511	347	322	275	274	195	186	171
8	279	265	283	268	234	211	197	214	215
9	264	276	257	232	205	218	143	163	153
10	260	233	190	152	162	136	127	104	115
11	181	176	155	146	139	170	121	115	121
12	156	143	131	124	90	101	102	80	92
13	118	101	92	67	45	57	42	32	33
14	126	103	76	50	31	41	56	30	44
15	101	85	65	71	63	44	51	38	23
16	77	83	61	76	56	41	39	24	20
17	64	74	57	58	44	40	32	19	23
18	0	0	7	5	13	13	7	6	12
19	0	0	0	0	0	4	0	0	2
20	4	1	0	0	0	0	0	0	0

Выполним расчет эмпирических частот. Для этого количество травмированных по каждой категории виновника пожара нужно разделить на итоговое количество травмированных по всем категориям. В результате расчета можно определить минимальную и максимальную частоту, а также среднее значение (Таб. 2). В качестве оценки для условной вероятности травмирования при пожаре по категории виновника пожара целесообразно принять среднее значение эмпирической частоты за период 2010-2018 годов.

Таблица 2. Эмпирические частоты травмирования при пожаре в Российской Федерации по категории виновника пожара за период 2010-2018 годов

N	Категория виновника пожара	минимум	максимум	среднее
1	Виновное лицо не усматривается	0,141	0,285	0,239
2	Работник рабочих специальностей	0,158	0,178	0,166
3	Лицо без определенного рода занятий	0,129	0,197	0,161
4	Пенсионер	0,150	0,160	0,155
5	Виновное лицо не установлено	0,091	0,151	0,118
6	Инвалид	0,024	0,036	0,030
7	Домохозяйка (домработница)	0,018	0,041	0,027
8	Прочее лицо	0,019	0,024	0,022
9	Ребенок дошкольного возраста	0,014	0,022	0,019
10	Лицо без определенного места жительства	0,011	0,020	0,015
11	Ребенок среднего и старшего школьного возраста	0,012	0,016	0,013
12	Ребенок младшего школьного возраста	0,008	0,012	0,010
13	Индивидуальный предприниматель	0,003	0,009	0,006
14	Инженерно-технический работник	0,003	0,010	0,005
15	Учащийся высшего и среднего проф. обр. учреждения	0,002	0,008	0,005
16	Служащий	0,002	0,007	0,005
17	Руководитель организации (предприятия)	0,002	0,006	0,004
18	Иностранец	0,000	0,001	0,001
19	Лицо без гражданства	0,000	0,000	0,000
20	Лицо, находящееся в местах лишения свободы	0,000	0,000	0,000

Ранг виновника принимает целочисленные значения от 1 до 20. Его можно трактовать как случайную величину. Каждое значение ранга имеет соответствующую вероятность появления. Поэтому рассмотрим случайную величину N принимающую дискретные значения 1, 2, 3, ..., 20.

Вычислим математическое ожидание ранга виновника пожара

$$M[N] = \sum_{i=1}^{20} N_i * p_i = 3,773276 \quad (1)$$

Здесь принимает значения 1, 2, 3, ..., 20, а p_i – соответствующая вероятность появления этого значения.

Далее определим дисперсию

$$D[N] = \sum_{i=1}^{20} (N_i - M[N])^2 * p_i = 9,164009 \quad (2)$$

Среднее квадратическое отклонение равно

$$S = \sqrt{D[N]} = 3,027212 \quad (3)$$

График зависимости условной вероятности травмирования при пожаре от ранга виновника пожара (задается порядковым номером) походит на гиперболу (Рис. 1).

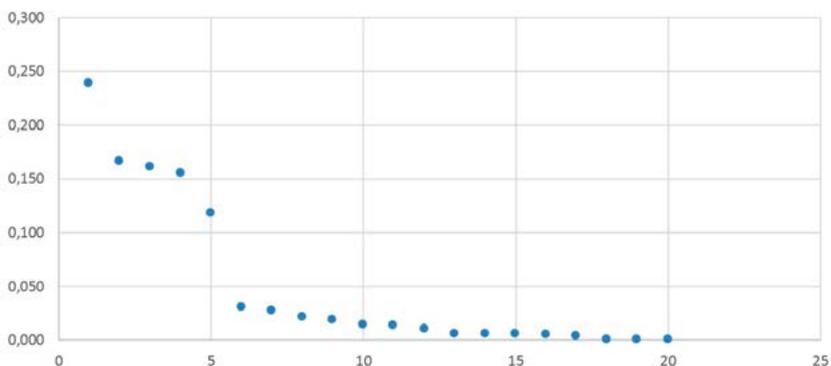


Рис. 1. Зависимость условной вероятности травмирования при пожаре от ранга виновника пожара

Возникает вопрос о том, какое из известных распределений может аппроксимировать эмпирическое распределение вероятности возникновения пожара по категории причины.

Считаем, что значения величины N друг от друга не зависят. Тогда случайная величина N может подчиняться распределению Пуассона [8]. Для распределения Пуассона вероятность, что величина N примет одно из дискретных значений 1, 2, 3, ..., 20 равна

$$P(N = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad (4)$$

Здесь - вероятность, что случайная величина N примет значение k ($k = 0, 1, 2, \dots, 20$), - математическое ожидание случайной величины N , $k!$ – факториал числа k , $e = 2,7182$ – основание натурального логарифма.

В качестве значения для выбрали математическое ожидание величины N рассчитанное на основе эмпирического распределения ($= 3,773276$). Среднее значение ошибки составило 0,001 (Таб. 3), а квадрата ошибки – 0,002, $Pэ$ – вероятности эмпирического распределения, $Pп$ – вероятности распределения Пуассона.

Таблица 3. Результат аппроксимации вероятности возникновения пожара распределением Пуассона при $= 3,773276$

N	Категория виновника пожара	$Pэ$	$Pп$	ошибка
1	Виновное лицо не усматривается	0,239	0,087	0,152
2	Работник рабочих специальностей	0,166	0,164	0,002
3	Лицо без определенного рода занятий	0,161	0,206	-0,045
4	Пенсионер	0,155	0,194	-0,039
5	Виновное лицо не установлено	0,118	0,146	-0,028
6	Инвалид	0,030	0,092	-0,062
7	Домохозяйка (домработница)	0,027	0,050	-0,023
8	Прочее лицо	0,022	0,023	-0,002
9	Ребенок дошкольного возраста	0,019	0,010	0,009
10	Лицо без определенного места жительства	0,015	0,004	0,011
11	Ребенок среднего и старшего школьного возраста	0,013	0,001	0,012
12	Ребенок младшего школьного возраста	0,010	0,000	0,010
13	Индивидуальный предприниматель	0,006	0,000	0,006
14	Инженерно-технический работник	0,005	0,000	0,005
15	Учащийся высшего и среднего проф. обр. учреждения	0,005	0,000	0,005
16	Служащий	0,005	0,000	0,005
17	Руководитель организации (предприятия)	0,004	0,000	0,004
18	Иностранец	0,001	0,000	0,001
19	Лицо без гражданства	0,000	0,000	0,000
20	Лицо, находящееся в местах лишения свободы	0,000	0,000	0,000
среднее				0,001

Пока не ясно совпадает ли распределение Пуассона с математическим ожиданием $= 3,773276$ (красные точки) с эмпирическим графиком (Рис. 2).

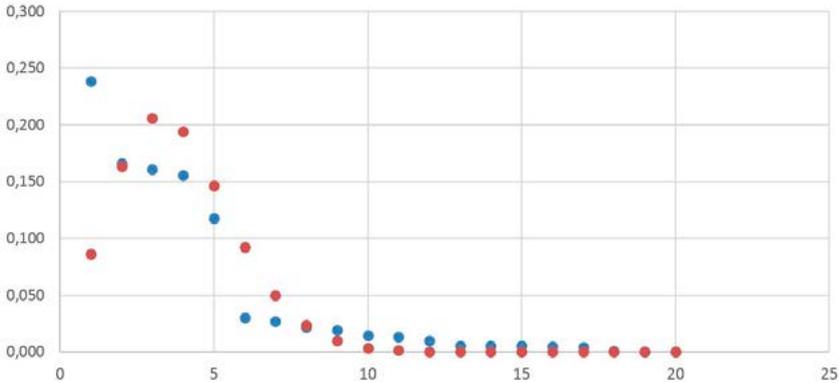


Рис. 2. Эмпирическое распределение и распределение Пуассона

Выдвигаем нулевую гипотезу (H0) о том, что эмпирическое распределение можно отнести к распределению Пуассона. Альтернативная гипотеза (H1) состоит в том, что эмпирическое распределение нельзя отнести к распределению Пуассона.

Для определения справедливости той или иной гипотезы используем критерий согласия Пирсона [9]. Вычислим статистику

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{20} \frac{(P_{эi} - P_{пи})^2}{P_{пи}} = 0,32907 \quad (5)$$

В качестве оцениваемых параметров распределений выбираем математическое ожидание (1) и дисперсию (2). Следовательно, число параметров распределения $l = 2$. Число степеней свободы для статистики (5) равно $k = n - l - 1$. В нашем случае $n = 20$. Следовательно, $k = 17$. Задаем уровень значимости $\alpha = 0,05$. Тогда критические значения $= 27,5871116$. Имеем

$$\chi^2 = 61,7907 > \chi^2(\alpha, k) = 27,5871116 \quad (6)$$

Следовательно, справедлива гипотеза H1. Поэтому с вероятностью 0,95 эмпирическое распределение не совпадает с распределением Пуассона.

Достаточно часто встречается геометрическое распределение [10]. Вероятность, что величина N примет одно из дискретных значений 1, 2, 3, ..., 20 равна

$$P(N = k) = q^k * p \quad (7)$$

При $p = 0,2$, $q = 1 - p = 0,8$ распределение (7) имеет математическое ожидание $M[N] = 3,772854$ и дисперсию $D[N] = 12,8872$. Эти значения близки к параметрам эмпирического распределения. Среднее значение ошибки составило 0,010 (Таб. 4), а квадрата ошибки – 0,001, $P_{э}$ – вероятности эмпирического распределения, $P_{г}$ – вероятности геометрического распределения.

Таблица 4. Результат аппроксимации вероятности возникновения пожара геометрическим распределением

N	Категория причины	P_{Σ}	P_{Γ}	ошибка
1	Виновное лицо не усматривается	0,239	0,160	0,079
2	Работник рабочих специальностей	0,166	0,128	0,038
3	Лицо без определенного рода занятий	0,161	0,102	0,059
4	Пенсионер	0,155	0,082	0,074
5	Виновное лицо не установлено	0,118	0,066	0,052
6	Инвалид	0,030	0,052	-0,022
7	Домохозяйка (домработница)	0,027	0,042	-0,015
8	Прочее лицо	0,022	0,034	-0,012
9	Ребенок дошкольного возраста	0,019	0,027	-0,008
10	Лицо без определенного места жительства	0,015	0,022	-0,007
11	Ребенок среднего и старшего школьного возраста	0,013	0,017	-0,004
12	Ребенок младшего школьного возраста	0,010	0,014	-0,004
13	Индивидуальный предприниматель	0,006	0,011	-0,005
14	Инженерно-технический работник	0,005	0,009	-0,003
15	Учащийся высшего и среднего проф. обр. учреждения	0,005	0,007	-0,002
16	Служащий	0,005	0,006	-0,001
17	Руководитель организации (предприятия)	0,004	0,005	-0,001
18	Иностранец	0,001	0,004	-0,003
19	Лицо без гражданства	0,000	0,003	-0,003
20	Лицо, находящееся в местах лишения свободы	0,000	0,002	-0,002
среднее				0,010

Нулевая гипотеза (H_0) состоит в том, что эмпирическое распределение можно отнести к геометрическому распределению. Альтернативная гипотеза (H_1) состоит в том, что эмпирическое распределение нельзя отнести к геометрическому распределению. Вычислим статистику критерия согласия Пирсона [9].

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{14} \frac{(P_{ai} - P_{ri})^2}{P_{ri}} = 0,228938 \quad (8)$$

В качестве оцениваемых параметров выбираем математическое ожидание (1) и дисперсию (2). Следовательно, число параметров распределения $l = 2$. Число степеней свободы для статистики (8) равно $k = 17$. Задаем уровень значимости $\alpha = 0,05$. Тогда критические значения = 27,5871116. Имеем

$$\chi^2 = 0,228938 < \chi^2(\alpha, k) = 27,5871116 \quad (9)$$

Справедлива гипотеза H_0 . Поэтому с вероятностью 0,95 эмпирическое распределение совпадает с геометрическим распределением.

Сравнение графиков распределений (эмпирического и геометрического) показывает достаточную хорошую аппроксимацию (Рис. 3). Эмпирическому распределению соответствуют синие точки, а геометрическому – красные.

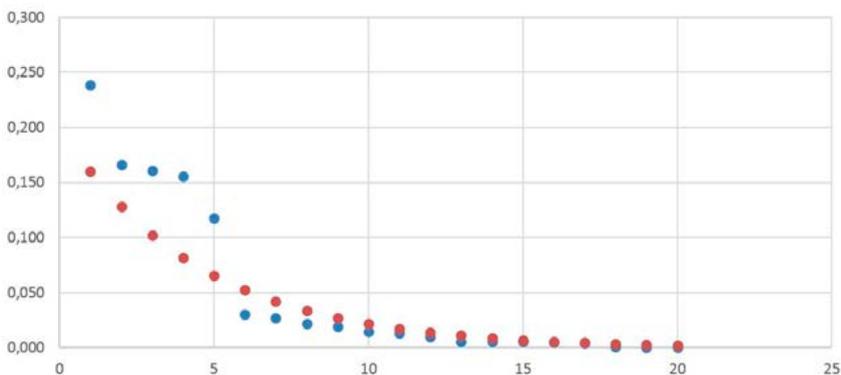


Рис. 3. Эмпирическое распределение и геометрическое распределение

Выполненное исследование позволит обосновать расчеты при проведении противопожарных мероприятий.

Список использованных источников

1. Гордиенко Д.М., Карпов А.В. и др. Данные о частотах возникновения пожаров и пожароопасных ситуаций в общественных зданиях различного назначения и на производственных объектах // Пожарная безопасность: научно-технический журнал. – 2009, № 2. – с. 42-46.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2014. – 137 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2015. – 124 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2016. – 124 с.

5. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2017. – 124 с.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2018. 125 с.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.
8. Распределение Пуассона. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Распределение Пуассона](https://ru.wikipedia.org/wiki/Распределение_Пуассона).
9. Критерий согласия Пирсона. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Критерий согласия Пирсона](https://ru.wikipedia.org/wiki/Критерий_согласия_Пирсона).
10. Геометрическое распределение. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Геометрическое распределение](https://ru.wikipedia.org/wiki/Геометрическое_распределение).

Методика прогнозирования ресурса безопасной эксплуатации взрывопожароопасного оборудования

Самигуллин Гафур Халафович

доктор технических наук, доцент

Кадочникова Елена Николаевна

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация: В работе предлагается применение метода испытания компактных образцов для получения прочностных характеристик металлов, а также алгоритм определения ресурса оборудования по динамике изменения степени поврежденности его элементов. Исследования проводились на образцах стали марки СТЗ, использованной для большого количества нефтегазовых объектов, для которых проблема остаточного ресурса является особенно актуальной.

Ключевые слова: Прочность, ресурс, испытание образцов, поврежденность, алгоритм расчета

Эксплуатация оборудования нефтегазовых предприятий, как потенциально опасных объектов, сопряжена с необходимостью обеспечения их пожарной и промышленной безопасности. Для этого используется широкий спектр методов по оценке технического состояния и возможности дальнейшей безопасной эксплуатации [1, 2], которые предусматривают выполнение таких процедур, как:

а) выявление параметров, периодические измерения которых позволяют судить об изменении работоспособности элементов оборудования;

б) определить такие их численные значения, которые смогли бы идентифицировать переход нефтегазового объекта в состояние, которое можно классифицировать как «неработоспособное или предельное состояние» [3].

Наилучшие результаты методик определения надежности при эксплуатации объектов показал подход, основанный на принципе «безопасной эксплуатации по техническому состоянию» [4]. В данном подходе определение текущего технического состояния проходит по определенным ранее параметрам технического состояния, что дает возможность проводить эксплуатацию объектов в рамках нормативных требований. Параметры текущего состояния нефтегазовых объектов устанавливаются при осуществлении периодического освидетельствования и технического диагностирования.

Данная концепция подразумевает проведение оценки технического состояния рассматриваемого объекта по параметрам технического состояния, которые обеспечат его надежную и безопасную эксплуатацию в соответствии

с требованиями нормативно-технической документации, а ресурс дальнейшей эксплуатации подразумевает оценку величины соответствующих рисков. Наиболее перспективным при оценке показателей рисков аварии является проверка состояния основного материала нефтегазового оборудования посредством определения его физико-механических свойств.

Данная проблема может быть решена путем применения альтернативных методов измерения физико-механических свойств трубопроводных сталей, к которым относится метод испытания микрообразцов (SmallPunchTest – SPT). Испытания таких компактных образцов позволяют получить диаграмму нагружения, пример которой приведен на рис. 1 [5].

На графиках можно выделить две характерные точки: точка E, соответствующая состоянию перехода от линейности к распространению пластической зоны по толщине образца, и точка M, соответствующая максимальной нагрузке, зафиксированной в момент начала разрушения.

Применение указанного SPT-метода испытания микрообразцов для оценки рисков возникновения аварий выполнялось на примере широко распространенной стали марки СТ3, физико-механические свойства (например, диаграмма растяжения) и состав которой очень хорошо изучены специалистами нефтегазовой отрасли.

В частности, в настоящее время [6] сформировался научно-методологический подход, свидетельствующий о том, что результаты механических испытаний, в частности диаграммы растяжения, широко используются в решении прикладных задач при решении вопросов по оценке надежности и возможности разрушения нефтегазовых объектов.

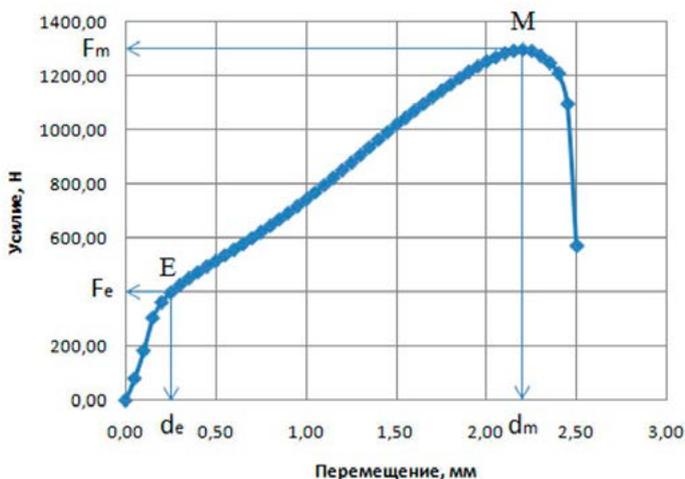


Рис. 1. Пример диаграммы испытания микрообразцов «Усилие-перемещение»

Аналогичный подход может быть применен и для анализа результатов, полученных при механических испытаниях образцов из стали марки Ст3. По диаграммам нагружения, приведенным на рис. 2, анализировался интервал изменения характерных точек диаграммы нагружения образцов с заранее нанесенными повреждениями различной степени. Соотношение степеней повреждения и соответствующих им изменений координат характерных точек приведены в таблице.

Таблица. Характерные точки диаграммы нагружения стали Ст3

Ст. повреж-дения образцов	Параметры диаграммы				Довери-тельный интервал, %
	Fm	dm	Fe	de	
0	1296	2,20	362	0,22	Не опреде-лялось
0,40	1275	1,91	350	0,26	65,0
0,60	1201	1,85	345	0,31	73,5
0,80	1002	1,72	305	0,36	89,1
0,99	899	1,51	261	0,51	98,5

При этом уровень поврежденности принимается равным отношению действующей величины нагрузки, предварительно приложенной к образцу и предела прочности металла.

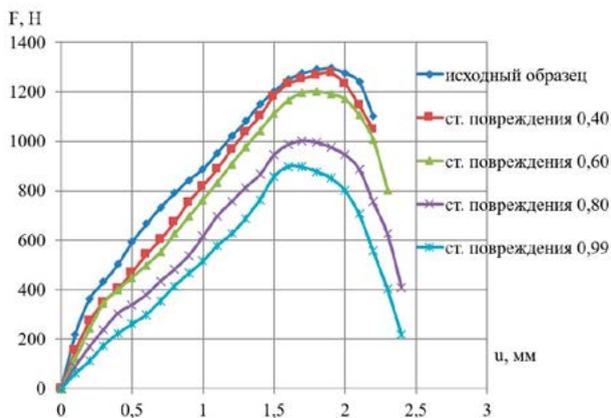


Рис.2. Диаграмма нагружения микрообразцов в координатах «Усилие - перемещение» для стали марки Ст3

В результате было установлено, что у образцов с наиболее высокими степенями повреждения ширина доверительного интервала значительно увеличивалась в сравнении с менее поврежденными и исходными сталями.

Таким образом, ширина доверительного интервала дает высокую вероятность разрушения стали СТЗ и соответственно, более высокий риск возникновения аварийной либо чрезвычайной ситуации.

Аварийное состояние оборудования считается наступившим, если возникают внутренние напряжения, соответствующие пределу прочности, при расчете на прочность по первой группе предельных состояний и пределу текучести - при расчете по второй группе предельных состояний для обеспечения устойчивости.

Приведенные результатов позволили разработать алгоритм определения остаточного ресурса, который приведен на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм оценки остаточного ресурса нефтегазового оборудования

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. В результате предварительного нагружения образцов в широком диапазоне нагрузок происходит накопление повреждений, которое приводит к снижению деформационных и прочностных показателей, которые могут быть выявлены при испытаниях микрообразцов.
2. Экспериментально установлено наличие зависимости между изменением координат точек диаграммы нагружения и вероятности возникновения аварийной ситуации при различных уровнях поврежденности для стали СТЗ.
3. На основе приведенной экспериментальной зависимости разработан алгоритм оценки степени поврежденности и оценки остаточного ресурса при эксплуатации оборудования нефтегазовых предприятий.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 53006-2008. Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования. – Москва: Стандартиформ, 2008. – 35 с.
2. СТО Газпром 2-2.3-253-2009. «Методика оценки технического состояния и целостности газопроводов». – Москва: Изд-во ООО «Газпром экспо», 2009. – 79 с.
3. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения». – Москва: Стандартиформ, 2016. – 42 с.
4. РД 26.260.004-91 «Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации». – Москва: Изд-во НИИхиммаш, 1996. - 69 с.
5. Самигуллин, Г.Х. Обеспечение безопасности и ресурса нефтегазовых трубопроводов на основе результатов испытаний микрообразцов: монография / Г.Х. Самигуллин, А.М. Щипачев, А.В. Клейменов, Л.Г. Самигуллина. - СПб: ЛЕМА. – 2020 – 101 с.
6. Кузеев И.Р., Диньмухаметова Л.С., Пояркова Е.В. Прогнозирование безопасности эксплуатации сварных конструкций в условиях нефтесодержащих сред / Нефтегазовое дело. – 2011. – №6. – С. 254-262.

Анализ требований, предъявляемых при проектировании систем дымоудаления

Гудков Максим Андреевич¹

кандидат технических наук

Калков Дмитрий Юрьевич¹

кандидат технических наук

Стриганов Сергей Романович¹

Бокадаров Станислав Александрович²

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Татаркин Иван Николаевич³

¹ФГКОУ ВО Воронежский институт МВД России

²ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России

³ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотция: статья представляет собой обзор нормативных правовых актов регламентирующих требования предъявляемым при проектировании системы дымоудаления и подпора воздуха, в части касающейся практических аспектов реализации на объекте защиты.

Ключевые слова: ситема дымоудаления, противодымная вентиляция, клапан дымоудаления, опасные факторы пожара, подпор воздуха, проектирование.

Пользуясь сводом правил СП 7.13130.2013 п.3.13, дадим определение, дымоудаление – это регулируемый газообмен внутреннего объёма здания при возникновении в нем пожара, предотвращающий поражающие воздействие на людей, материальные ценности от продуктов горения с повышенным содержанием токсичных компонентов, увеличение температуры и изменение оптической плотности воздушной среды [1]. Сталкиваясь с расчетами данных систем, возникает вопрос: какое должно быть давление, чтобы не получилось так, когда ты пытаешься открыть дверь, а дверь просто вышибает из-за вытяжки)?

Поэтому существует жесткое требование: при наличии приточно-вытяжной противодымной вентиляции избыточное давление должно лежать в пределах от 20 Па до 150 Па (п.7.16(б)[1]). Это давление как раз поможет человеку в создавшейся ситуации открывать и закрывать двери. Но что делать если давление превышает 150 Па? Тогда пользуются механическими способами для срамливания избыточного давления. Так в соответствии [1], требуется зонирование ее объёма посредством рассечек (сплошных противопожарных перегородок 1-го типа), разделяющих лестничную клетку на маленькие участки и в каждой обеспечивается

давление (каждый участок получает своё расчётное давление). Также используются фрамуги, фонари, мембраны, но они должны быть предусмотрены на стадии проектирования.

Клапана по своему функционалу делятся на две группы:

1. Клапана дымоудаления (КДУ) – используется в вытяжной системе и при нормальном состоянии (когда нет пожара) имеет нормально закрытое положение (НЗ);
2. Огнезадерживающий клапан (ОЗК) – используется в системах общеобменной вентиляции и при нормальном состоянии (когда нет пожара) имеет нормально открытое положение (НР).

СП предлагает формулировку для приводов: приводы противопожарных клапанов должны сохранять заданное положение заслонки при отключении электропитания привода клапанов.

Клапана имеют следующие три типа привода:

1. Реверсивный;
2. Электромагнитный;
3. Электромеханический.

Реверсивный тип является самым качественным, т.к. даже при отключении питания он сохраняет заданное положение. Поэтому при проектировании следует уделить должное внимание реверсивным приводам, но они дороже чем другие. Два других, находясь в дежурном режиме (когда нет пожара), при отключении питания могут закрыться, тем самым закрывая общую вентиляцию, а вентилятор работает, тогда их может просто вырвать.

Противодымная вентиляция имеет два способа запуска: автоматический и дистанционный.

Автоматический формирует извещение «Пожар» или «Пожар2», данное событие получается от АПС в том числе и ручных.

Дистанционный осуществляется с диспетчерского пульта по паролю, либо с блока БКИ, либо с кнопок дистанционного управления УДП, т.е. с применением адресных и безадресных УДП. Тем самым не происходит оповещение, а сразу включается всё, что относится к системе дымоудаления. Плюс данного способа в том, что ею удобно проверять системы дымоудаления без оповещения людей о «проверки систем», а также использовать как альтернативу автоматической системы, если она по какой-либо причине не сработала [2,3,7].

Запуску системы ДУ и ПД предшествует:

1. Получение сигнала от АПС или АУПТ, при этом включается система оповещения и управления эвакуации людей, при условии что пуск происходит не дистанционно, в противном случае СОУЭ не информирует;
2. Отключение системы общедомой вентиляции, кондиционирования, перекрытие клапанов;
3. При наличии пассажирских лифтов происходит их спуск на первый этаж и открытие дверей;

4. Открытие клапанов и запуск вентилятора вытяжной ПД вентиляции (т.е. сначала вытяжка при открытии клапана, после этого происходит открытие клапанов приточной вентиляции в незадымляемые ЛК, тамбур-шлюзы, т.е. происходит запуск вентиляторов подпора давления и соответственно происходит подпор воздуха примерно через 20-30с. после запуска ПД вентиляции вытяжной);
5. Закрытие клапанов общеобменной вентиляции.

Также есть законы, которые предусматривают защиту маломобильных групп населения (МГН), – СП 59.13330, которые включает условия для таких маломобильных групп населения, учитывается, что при пожаре должны создаваться специализированные помещения, до которых могут добраться люди и пути по времени должны быть достаточные по времени, чтобы человек не успел задохнуться и попасть по токсичные продукты горения; в этом случае требуется, чтобы зоны МГН обеспечивались определенные условия:

1. Когда дверь закрыта и пожар на этаже, происходит включение маломощного вентилятора для подпора давления в зоне МГН, также включается калорифер – нагреватель, чтобы человек не замерз;
2. Если дверь открылась, то маломощный вентилятор и калорифер выключаются и включается вентилятор большей мощности, который создает избыточное давление с учётом того, что открыта дверь и могут заходить несколько человек МГН.

В зависимости от вида системы дымоудаления (статического или динамического) монтаж имеет свои особенности.

Статический осуществляет экстренную остановку вентиляторов при возгорании. Эта система основывается на простой логике: нет кислорода – значит нет возможности распространения продуктов горения и огня. Данный метод является самым простым и применяется на объектах, где пожар маловероятен и не имеется дополнительно влияющих факторов.

Динамический тип является более эффективным и требует детально продуманный сценарий распространения огня и дыма.

Общая сложность структуры противодымной защиты определяется:

1. Требованиями ПБ для помещений с массовым пребыванием людей, жилых, а так же других по функциональному назначению объектов;
2. Конструктивные особенности объекта защиты;
3. Внутренний интерьер объекта защиты, включая его содержимое;
4. Экономическая составляющая, под которой понимается возможность выбора материала для воздуховодов, с учетом требований огнеупорности;
5. Критерием безотказности системы, т.е. срок службы автоматики, работоспособность при воздействии высоких температур;
6. Интегрирование с системами кондиционирования и вентиляцией.

Основной сложностью при проектировании является то, что НПА написаны сложным языком и нормы разбросаны по разным документам.

Специалисты в этой области при проектировании и монтаже заостряют внимание на моментах, которые не прописаны в НПА, а именно:

1. Целостность конструкции;
2. Возможность тестирования систем с помощью «холодного дыма»;
3. Расположение огнестойких перегородок в схеме вентиляции;
4. Установка огнезащитных клапанов при монтаже дымоудаления на участках прохождения воздухопроводов через ограждающие сооружения;
5. Сейсмическую нагрузку (в отдельных регионах);
6. Система должна быть доступной в эксплуатации и экономической.

Недостаточно правильной установки систем, поэтому в соответствии с [4] должны производиться испытания не реже одного раза в 2 года, в них входит:

1. Внешний осмотр и контроль технического состояния механизмов;
2. Проверка работоспособности системы;
3. Мероприятия плано-предупредительного назначения для поддержания оборудования в надлежащем состоянии [4].

Недопонимание со стороны проверяющих органов в приточной вентиляции могут вызвать наружные окна в нижних частях помещения с автоматическими приводами.

При использовании проемов в наружных стенах и шахт с клапанами имеет одну сложность – это огромные габариты шахт, что затрудняет прокладку соседних коммутаций и сильно опускает чистовой потолок, т.к. скорость воздуха в российских шахтах допускается 5–6 м/с, а размер данной конструкции получается, как минимум 1000 мм на 600 мм, в то время в зарубежных нормативах устанавливается скорость воздуха не более 1,5 м/с.

Механический подпор (с помощью вентилятора) является более удобным, т.к. размер составит существенно меньше. Примерно 800 мм на 400 мм, но немного затратным.

Если использовать механический подпор, то придётся покупать дополнительный вентилятор и оборудовать его шкафом автоматизации и частотным преобразователем, но это является наиболее надёжным вариантом.

Использование общей вентиляции также неудобно, т.к. объёмы приточного воздуха в приточной и общеобменной вентиляции сильно отличаются, это приводит к удорожанию оборудования, также ужесточаются требования нормативов.

Поэтому дешевле сделать две отдельные системы, которые не зависят друг от друга.

Также проектирование является творческой сложной задачей, которая требует индивидуального подхода к каждому помещению в здании.

Инженер-проектировщик при расчете данных систем обязан пользоваться документом «Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий» ФГУ ВНИИПО МЧС России 2008 г.

Пользуясь «справочником» для аэродинамических расчётов противодымной вентиляции можно выделить несколько этапов:

1. Зонирование системы (рассчитать для каждого участка расход воздуха, для этого необходимо сложить расходы всех ветвей воздуховода). Этот этап предполагает сложные формулы и расчёты;
2. Определить самую протяжённую цепочку (здесь необходимо установить оборудование для управления давлением – это решетки, фильтры и т.д.);
3. Назначить каждому участку свой номер;
4. Используя формулу определить площадь сечения участков магистрали (необходимо помнить, что скорость воздуха зависит от действующих на него факторов).

По итогу учитывается: результаты данного расчёта, траектория движения воздуха, энергоэффективность, требования к воздушной среде и прочие, в зависимости от особенностей объекта.

Если посмотреть в п.8.8. [1] «Для возмещения объемов удаляемых продуктов горения из помещений, защищаемых вытяжной противодымной вентиляцией, должны быть предусмотрены системы приточной противодымной вентиляции с естественным или механическим побуждением. Для естественного притока воздуха в защищаемые помещения могут быть выполнены проемы в наружных ограждениях или шахты с клапанами, оснащенными автоматически и дистанционно управляемыми приводами. Проемы должны быть в нижней части защищаемых помещений. Притворы клапанов должны быть снабжены средствами предотвращения примерзания в холодное время года. Для компенсирующего притока наружного воздуха в нижнюю часть атриумов или пассажей могут быть использованы дверные проемы наружных эвакуационных выходов. Двери таких выходов должны быть снабжены автоматически и дистанционно управляемыми приводами принудительного открывания. Суммарная площадь проходного сечения открываемых дверей должна определяться согласно требованиям пункта 7.4 [1] и по условию не превышения скорости воздушного потока в дверных проемах более 6 м/с. Компенсирующая подача наружного воздуха приточной противодымной вентиляцией с механическим побуждением может быть предусмотрена автономными системами или с использованием систем подачи воздуха в тамбур-шлюзы или лифтовые шахты. При этом в ограждениях тамбур-шлюзов или лифтовых шахт, к которым непосредственно примыкают защищаемые помещения, должны предусматриваться специально выполненные проемы с установленными в них противопожарными нормально-закрытыми клапанами и регулируемыми жалюзийными решетками. Двери тамбур-шлюзов должны быть заблокированы с приводами клапанов в цикле противохода. Допускается применение клапанов избыточного давления в противопожарном исполнении с требуемыми пределами огнестойкости. Компенсирующий переток воздуха из шахт лифтов допускается только для лифтовых установок с режимом управления «пожарная опасность». Шахты лифтов с режимом «перевозка пожарных подразделений» и незадымляемые лестничные клетки типа Н2 использовать для подобного устройства не допускается» [3,5].

Можно понять, что от нас хотят, чтобы система ДУ запускалась от сигнала «Пожар» при срабатывании систем автоматической пожарной сигнализации (ПС). Т.к. система дымоудаления забирает задымлённый воздух из помещения, тем самым образуя зону пониженного давления.

Из-за разности давлений на границе пожарного отсека затрудняется открытие эвакуационных дверей, которые открываются наружу.

Данным сводом правил чётко указано, что максимальное значение избыточного давления на двери – 150 Па.

«Величина избыточного давления на закрытых дверях эвакуационных выходов при совместном действии приточно-вытяжной противодымной вентиляции в расчетных режимах не должна превышать 150 Па». Для достижения такого состояния необходимо уравновесить давление, т.е. компенсировать его наружным чистым воздухом в количестве, равном удалённому задымлённому воздуху. При этом, необходимо подобрать мощность вентилятора компенсации, чтобы не превышать давление компенсации над дымоудалением, т.к. это приводит к возможности попадания дыма на эвакуационные ЛК при открывании двери из пожарного отсека. По этой причине установлено, что избыточное давление на дверь не менее 20 Па.

Согласно п. 7.15. [1] «Расход наружного воздуха для приточной противодымной вентиляции следует рассчитывать при условии обеспечения избыточного давления не менее 20 Па:

1. В лифтовых шахтах – при закрытых дверях на всех этажах (кроме основного посадочного этажа);
2. В незадымляемых лестничных клетках типа Н2 при открытых дверях на пути эвакуации из коридоров и холлов или непосредственно из помещений на этаже пожара в лестничную клетку, или при открытых дверях из здания наружу и закрытых дверях из коридоров и холлов на всех этажах, принимая большее из полученных значений расходов воздуха;
3. В тамбур-шлюзах на этаже пожара (при закрытых дверях).»

Естественный приток воздуха осуществляется через шахты с клапанами, фрамуги, форточки, оснащённые автоматически управляемыми приводами, с управлением от системы АПС.

Компенсация воздуха может использоваться с системами подпора воздуха в тамбур-шлюзы или лифтовые шахты.

Т.е. вентиляция подпора воздуха включается вместе с системой ДУ, защищаемые помещения должны иметь специальные воздуховоды с установленными в них противопожарными нормально-закрытыми клапанами и регулируемые вентиляционными решетками. Другими словами клапана открываются в момент, когда включается система дымоудаления, и начинается процесс компенсации, параллельно осуществляется подпор воздуха тамбур-шлюзов и ЛК.

Рекомендовано устанавливать производительность 70% от производительности системы ДУ.

Рассмотрим пример. Сработала система АПС, произошло оповещение, отключилась общеобменная вентиляция, лифты отпустились, включилась система дымоудаления, также включился подпор и открылся нормально-закрытый клапан на воздуховоде компенсации.

Допустим, что система дымоудаления вытягивает 100 кубов/час, а компенсируется 70 кубов/час, избыточное давление не нарушает нормы.

Параллельно эвакуируются люди, некоторые из них открывают или разбивают окна, распахивают двери и направляются к выходу эвакуации при этом где-то лопаются стекла от температуры [6].

При этом система ДУ не перестает работать и в это же время из открытых окон и дверей поступает дополнительный приток воздуха, тем самым уравнивается давление.

Тогда происходит нарушение параметра избыточно воздуха, указанного выше.

Приток из окон и дверей компенсировал объём воздуха системы ДУ, также система механической компенсации продолжает работать, нагнетая 70 кубов/час, а это создает избыточное давление по отношению к тамбур-шлюзу или ЛК.

Следовательно, дым из-за избыточного давления начинает поступать в эвакуационные выходы и распространяться по зданию, а это может привести в свою очередь к жертвам.

Таким образом, подводя итог представленному анализу, следует отметить, что при выборе, проектировании и монтаже системы дымоудаления следует пользоваться не только нормативно-правовыми актами, но и руководствоваться опытом инженеров в области систем дымоудаления, т.к. нормативно-правовые акты не всегда учитывают специфику работы на конкретном объекте.

Список использованной литературы:

1. СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности». М., 2013.
2. ГОСТ Р 53301-2009. Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Метод испытаний на огнестойкость.
3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. ГОСТ Р 53300-2009. Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемо-сдаточных и периодических испытаний.
5. ГОСТ Р 53296-2009. Установка лифтов в зданиях и сооружениях. Требования пожарной безопасности.
6. Parshina A.P., Kalach A.V., Sumin V.I., Cherepanov E.A., Bokadarov S.A., Gudkov M.A. Mathematical simulation of dynamics for the temperature regime of the fire with the account of air flows motion according to free convection principle. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 62003.
7. Бокадаров С.А., Калков Д.Ю., Памяченко М.Ю., Гудков М.А. О системе персонального оповещения о пожаре в учреждениях здравоохранения. Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. № 1 (9). С. 44-46.

Влияние пожаров на экологию окружающей среды

Куликов Сергей Васильевич

СПб ГКУ ДПО «УМЦ ГО и ЧС»

Аннотация: Статья посвящена проблеме загрязнения окружающей среды в результате возникновения и распространения природных пожаров. Приводятся причины и последствия загрязнения природных ресурсов.

Ключевые слова: экология, окружающая среда, природные пожары, загрязнение

Экологическая опасность пожаров обусловлена изменением жизненно важных факторов (температура воздуха, почвы, воды, их химический состав и другие параметры окружающей среды).

К наиболее опасным бедствиям, отрицательно влияющим на экологию, можно отнести лесные пожары. Горение лесных массивов влечет за собой критическое загрязнение воздуха токсичными и вредными газами, парами и аэрозолями. На нашей планете около 20 % загрязнений поступает в атмосферу в результате возникновения и развития лесных пожаров. Лесные пожары находятся на втором месте после Мирового океана по количеству выбросов хлорорганических соединений в атмосферу [1].

При возникновении лесных, степных, торфяных пожаров уничтожается растительный покров земли и, следственно, уменьшается выработка кислорода.

Помимо токсичных и вредных продуктов горения, загрязнение окружающей среды может быть вызвано средствами пожаротушения, использованными для тушения пожара.

Применяемые при тушении пожаров поверхностно - активные вещества (ПАВ) также наносят непоправимый урон природной среде. Попадая в водоемы, они препятствуют поступлению кислорода. Многие ПАВ имеют длительный период разложения [2]. В результате происходит гибель водной флоры и фауны.

Возможные последствия пожаров для природы зависят от концентрации токсичных веществ, их вида и внешних факторов (скорость ветра, топография и т.д.).

Перенос вредных веществ при пожарах осуществляется, в основном, по воздуху. Этому способствуют два обстоятельства. Во-первых, наиболее токсичные соединения с продуктами горения попадают в воздух в виде направленных конвективных токов. Во-вторых, движение воздушных масс способствует переносу загрязняющих веществ.

Пожарные выбросы можно охарактеризовать как кратковременные и высокотемпературные. Степень распространения загрязнения от пожаров зависит от основных факторов - высоты факела, скорости и направления ветра.

Максимальное расстояние, на которое могут быть перенесены продукты сгорания, зависит от скорости вертикальной диффузии, максимальной высоты, на которую поднимается аэрозоль, и скорости, с которой он оседает.

Чем больше отношение увеличения скорости оседания аэрозоля, тем дальше он уносится. Расчетные и экспериментальные данные показывают, что максимальная концентрация загрязняющих веществ от источников выбросов, в том числе при пожарах, достигается по направлению ветра на расстоянии, равном 10-20-кратной высоте источника.

Продукты сгорания, перемещаясь и рассеиваясь, взаимодействуют как друг с другом, так и с составными частями воздуха, что определяет их концентрацию и продолжительность действия. Продукты сгорания, переносимые нисходящими потоками воздуха и под воздействием ветра, при взаимодействии с водяными парами образуют жидкие аэрозоли и осаждаются на поверхности земли и растений в виде сажи.

Дым также может преобразовываться в химические соединения, иногда более токсичные, чем те, которые образуются непосредственно при сгорании веществ.

Степень самоочищения атмосферы, а также ее устойчивость к загрязнению в основном зависит от погодных и климатических условий, топографических особенностей местности, наличия растительности и т.д. То есть они напрямую связаны с географическим положением источника горения.

Для наиболее точного прогноза и оценки степени опасности загрязнения необходимо владеть информацией о метеоусловиях на момент возникновения и развития пожара. Это связано с тем, что метеоусловия существенно влияют на химические и физические процессы в атмосфере с участием загрязняющих веществ.

Таким образом, пожар является таким же источником загрязнения окружающей среды, как промышленные объекты, сельское хозяйство и другие отрасли хозяйственной деятельности человека - отличается только масштаб последствий [4].

Практически любой пожар негативно влияет на экологическое состояние природной среды, а также изменяет границы и условия существования представителей флоры и фауны. Диапазон воздействия отдельных пожаров очень широк. Пожары в жилом секторе, офисах, промышленных зданиях не воздействуют на масштабные и глобальные биосферные процессы. Опасность таких пожаров в основном ограничивается токсичным загрязнением воздуха внутри и вблизи помещений и носит локальный характер. Пожары на складах удобрений, в местах скопления нефти, торфа и т.д. значительно загрязняют окружающую среду на местном и региональном уровне.

Дым от крупных пожаров может вызвать изменения в освещенности, повышение температуры воздуха и оказывает влияние на количество осадков. Кроме того, дымовые аэрозоли и газообразные продукты, взаимодействующие с влажностью, могут вызывать кислотные осадки - дождь, туман. При этом дым, дождь, роса на листьях вызывают болезни и, как следствие, гибель растений. Большое количество дыма, выделяемое во время крупных пожаров, приводит к снижению количества солнечной радиации, что, как следствие, ведет к изменению климатических усло-

вий, которые могут длиться продолжительный период. При совпадении с вегетационным периодом растений, эти факторы влияют на их рост [5].

Загрязнение почвы и водоемов огнегасящими пенами, вода, пролитая при тушении, и сами горючие вещества, например, масло от утечки легковоспламеняющихся жидкостей, напрямую зависит от типа и масштаба пожара. Вода, используемая для тушения, может содержать антипирены и продукты пиролиза из горючих материалов. Другие добавки, добавленные к горючим материалам, могут попасть в воду. При тушении эти вещества могут попасть в водные объекты со сточными водами из грунтовых вод, а также при выпадении из воздуха с другими продуктами горения. Многие токсичные вещества, попавшие в воду или почву, имеют свойство накапливаться в организмах рыб, птиц, а затем попадают в организм человека через пищевую цепочку.

Таким образом, в результате пожаров и аварий загрязнение окружающей среды может происходить косвенно и проявляться лишь спустя период времени. В связи с этим необходимо представлять меру риска, связанного с пожарами и авариями, поскольку реальная оценка вида загрязнения природных ресурсов и его масштабов поможет снизить риск его последствий и обеспечить повышение уровня экологической безопасности.

Список использованных источников

1. Экология Учебное пособие для вузов-М-Юрат-М.: 2001 Горелов А.А.
2. Исаева Л.К Экология пожаров, техногенных и природных катастроф Учебное пособие М.: Академия ГПС МВД России 2000.
3. Гришин, А. М. О влиянии негативных экологических последствий лесных пожаров / А.М. Гришин // Экологические системы и приборы. Стройиздат: 2003. -40-43с.
4. Википедия на русском языке [Электронный ресурс]:[интерактив. Энцикл.]. – Электрон. дан. и прогр. – MediaWiki версии 1.26wmf5.: – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Лесной_пожар, свободный. – Загл. с экрана.
5. Гринпис России [Электронный ресурс]:[интерактив. журн.] –Электрон. дан. и прогр. – Greenpeace версии 1.26wmf5.: – Режим доступа: http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/Причины_возникновения_лесных_пожаров, свободный. – Загл. с экрана.

Анализ и совершенствование системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на ПАО «НЗХК»

Костенко Полина Сергеевна^{1,2}

¹ФГКУ «Специальное управление ФПС № 9 МЧС России»

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: Рассматриваемые в статье вопросы, затрагивают аспекты совершенствования систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, производственные здания.

Целью исследования в настоящей публикации является анализ и совершенствование систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Основные задачи исследования:

- провести анализ обстановки с пожарами на территории Российской Федерации;
- изучить характеристику и пожарную опасность объекта защиты;
- провести анализ имеющейся системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- произвести выбор элементов, необходимых для построения СОУЭ;
- произвести расчет экономической эффективности внедрения системы СОУЭ.

Объектом исследования является система обеспечения пожарной безопасности Новосибирского завода химконцентратов, находящегося в г. Новосибирске, ул. Б.Хмельницкого, 94.

Предмет исследования – системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Пожарная безопасность на сегодняшний день, является важной проблемой, о чем свидетельствуют данные статистики по произошедшим пожарам в Российской Федерации. Проведенный анализ эффективности работы установок пожарной автоматики при пожарах в Российской Федерации с 2018 по 2019 год, показал, где пожарная автоматика отсутствовала либо находилась в неисправном состоянии, процент гибели людей значительно больше, чем при включенной исправной пожарной автоматике. В свою очередь, данный анализ еще раз подтверждает необходимость оснащения объекта системой обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

В ходе исследования было установлено, что на рассматриваемом объект после реконструкции не была спроектирована система СОУЭ.

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) – комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенных для своевременной передачи информации о возникновении пожара и путях эвакуации, а также для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре путём включения технических средств, предотвращения паники. СОУЭ приводится в действие командным импульсом автоматических установок системы обнаружения пожара или диспетчером по сигналам автоматических установок системы обнаружения пожара (полуавтоматическое управление).

В представленной работе был проведен расчет экономической эффективности по внедрению системы СОУЭ. Основанием расчетов, послужили формулы экономической теории принятые в практике расчетных затрат.

В процессе выполнения проведен анализ статистических данных по произошедшим пожарам в Российской Федерации и эффективности функционирования противопожарной автоматики на производственных объектах. На основании требований нормативных документов по пожарной безопасности определен состав и функциональные характеристики систем обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре требуемых на объекте. В ходе изучения объекта было выявлено, что НЗХК состоит из комплекса зданий выгороженными противопожарными перегородками 1-го типа, а также что в 2019 года в здании 336В проводилась полная реконструкция. В ходе реконструкции не запланировали установку систем СОУЭ. В выпускной квалификационной работе мы предложили разработку проекта СОУЭ и разработали проект. В целом можно полагать, что цели и задачи выполнены в полном объеме.

Разработанный проект СОУЭ 3-го, позволит повысить пожарную безопасность рассматриваемого объекта. Выбранное в ходе выполнения дипломного проекта оборудование для СОУЭ, позволит в дальнейшем интегрировать ее с другими автоматизированными системами безопасности объекта.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 22.06.2008 г. № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»// Собрание законодательства РФ, 28.07.2008;
2. Федеральный закон от 10.07.2012. № 117 « О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
3. Федеральный закон от 21.12.94 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;
4. Михайлов, Ю.М. Пожарная безопасность учреждений социального обслуживания / Ю.М. Михайлов. - М.: Альфа-Пресс, 2013. - 120 с.
5. Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны [Электронный ресурс]. <http://www.vniipo.ru/>.

О выборе статистических моделей для анализа опасности загорания оборудования

Зуев Роман Викторович

Татаркин Иван Николаевич

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Результаты статистического анализа загораний оборудования, рассматриваемых как некоторые случайные события [1], предопределяют необходимость по-новому рассмотреть всю проблему загораний оборудования при эксплуатации.

Ситуацию сложности рассматривают с привлечением методов теории систем. Необходимыми абстракциями являются понятия «системы» и «среды».

Для начального анализа разнородность или однородность оборудования и количество его единиц не играют роли, поскольку влияние этих факторов может быть учтено путем сравнения свойств моделей и свойств реального оборудования. Для построения моделей рассматривается подсистема, состоящая из отдельных элементов системы и среды [2].

Подсистема характеризуется двумя параметрами: энергией зажигания E_3 для элемента системы и энергией E , с которой среда воздействует на систему. При $E > E_3$ происходит загорание системы.

Ввиду присутствия даже в лабораторных условиях ряда случайных неконтролируемых факторов энергия зажигания E_3 оказывается величиной случайной со средним значением E_0 .

Естественно полагать, что разброс E_3 вокруг E_0 подчиняется нормальному закону с математическим ожиданием E_0 и дисперсией как возрастающей функцией E_0 . Вероятность того, что энергия зажигания меньше E , определяется формулой:

$$P\{E_3 < E\} = \Phi\left(\frac{E-E_0}{\sigma(E_0)}\right) \quad (1)$$

$$\text{где } \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

Поскольку E_0 зависит от таких физических параметров как температура, давление и т.п., формулой (1) можно описать большое число возможных горячих систем, испытываемых в лаборатории. Выражение (1) представляет вероятность того, что при единичном воздействии с энергией E система возгорится.

Вопросы статистической обработки данных, подборе зависимости (E_0) и нахождения E_0 как функции температуры, давления и других параметров могут быть решены по мере накопления экспериментальных данных.

При эксплуатации реального изделия на каждой его элемент воздействуют случайные энергетические источники среды. Под энергией воздействия понимается часть энергии, подводимой к системе от источника. Допускается, что распределение во времени моментов воздействия источников в подсистеме образует пуассоновский поток с некоторой интенсивностью, а энергия каждого воздействия – величина случайная с некоторой плотностью распределения $f(E)$.

Интенсивность загорания $\lambda_3(E_0)$ в эксплуатации подсистемы со средней энергией зажигания E_0 будет:

$$\lambda_3(E_0) = \lambda(E_0) Q(E_0) \quad (2)$$

где $Q(E_0)$ – вероятность загорания оборудования при единичном энергетическом воздействии, взятом из пуассоновского потока среды.

Приведенное соотношение для всего спектра энергий в потоке можно записать в виде:

$$\lambda_3(E_0) = \lambda(E_0) \int_0^E \rho(E, E_0) f(E, E_0) dE \quad (3)$$

Соотношение (3) можно использовать для оценки интенсивности энергетических воздействий среды (E_0), если известна спектральная плотность распределения этих воздействий и накоплен достаточный материал об интенсивности загораний (E_0) для элементов изделий с заданной величиной E_0 .

Список использованных источников

1. Харламенков А.С. Оценка вероятности возникновения пожара от электрооборудования для расчета пожарного риска. Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2018;27(2-3): 99-101.
2. Журавлев Ю. И., Рязанов В. В., Сенько О. В.. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические рекомендации./ Издательство «Фазис». Москва. 2005 г.

Применение испытаний компактных образцов в вопросах мониторинга технического состояния аппаратов нефтегазовых производств

Самигуллин Гафур Халафович

доктор технических наук, доцент

Кадочникова Елена Николаевна

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Аннотация: В статье обосновывается проведение постоянного мониторинга технического состояния оборудования при минимальном контрольном воздействии. Этим целям отвечают специальные методы прямых измерений прочности металла оборудования, проводимые щадящим воздействием с использованием компактных образцов с малыми размерами. Результаты измерений дают возможность оценить уровень технического состояния оборудования для обеспечения его безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: Нефтегазовое оборудование, испытания на прочность, компактный образец, техническое состояние.

Оборудование и трубопроводы нефтегазовых производств, в большинстве случаев, являются взрывопожароопасными в силу физико-химических свойств перерабатываемого углеводородного сырья. В процессе эксплуатации, под влиянием совокупности различных видов нагрузок и воздействий (нормативные и ненормативные, статические, динамические и т.д.) происходит негативное воздействие внешних факторов и технологической среды. Суммарное их влияние инициирует протекание деструктивных процессов в материале оборудования, ухудшающих физико-механические свойства конструкционных материалов, что может привести к потере работоспособного состояния даже при небольших нагрузках.

Потребность в оперативной оценке фактического состояния материала нефтегазового оборудования диктует применение специальных методов, основанных на использовании образцов малого размера в процессе эксплуатации, без нанесения ощутимого ущерба путем прямого измерения физико-механических свойств металлов.

Наиболее перспективным и реально осуществимым является тест на вдавливание специального инструмента – «индентора» в компактные образцы (так называемый метод SPT- Small Punch Test Method). При его применении имеется возможность получить показатели прочности, упругости, пластичности. Первые испытания данным методом SPT были зафиксированы в конце прошлого века

в таких странах как США и Японии [1]. Областью их исследований являлась ядерная энергетика с изучением свойств ползучести специальных сплавов, используемых в энергетических установках.

Метод SPT имеет высокие оценки своих возможностей от научного и технического сообществ, подтверждением этого является создание в 2007 году нормативного документа – стандарт CWA 15627 «Small Punch Test Method for Metallic Materials». В данный свод вошли все существующие методы и рекомендации, накопленные в разных отраслях промышленности за многие годы. Данный документ состоит из двух больших частей, первая из которых посвящена испытанию микро-образцов на ползучесть стали, а вторая – испытаниям на растяжение и на вдавливание. А также из двух приложений: о методах оценки свойств текучести, прочности, трещиностойкости, критической температуры хрупкости испытуемого материала по данным испытаний микро-образцов методом SPT, а также о возможности применения метода SPT в различных ситуациях и принципах проведения испытаний.

Большими достоинствами данного метода являются [2]:

- организация проведения экспериментов не занимает много времени, не несет существенных затрат и не требует большого количества исследуемой стали;
- использование в качестве метода неразрушающего контроля, так как отбираемые пробы металла в виду своих малых размеров не наносят значительного урона исследуемой стальной конструкции;
- возможность исследования на физико-механические свойства тех объектов, из которых нельзя получить стандартные образцы по ГОСТ 1497-84 и ГОСТ 10006-80: конструктивные детали мелких размеров и сложной геометрической формы, сварные соединения и стенки трубопроводов малой толщины, хрупкие или разрушенные детали (для проведения экспертизы) и другие.

Серьезным преимуществом метода испытаний микро-образцов SPT перед другими представителями неразрушающего контроля, основывающихся на фиксации косвенных показателей, является то, что он относится к методу прямых измерений. В данном случае вся информация о физико-механических свойствах металла замеряется напрямую, что повышает точность исследований.

По характеру проведения эксперимента метод испытаний SPT представляет собой равномерное вдавливание рабочего инструмента (индентора) в испытуемый компактный образец малого размера до полной потери прочности (разрушения) последнего [1-3]. При этом специальное оборудование с установленным программным комплексом фиксируют величину прилагаемого усилия и перемещение индентора, строя диаграмму в координатах «усилие – перемещение» (рис.1).

Анализируя полученную диаграмму можно выделить участки, характеризующие поведение стали при разных уровнях нагрузки:

- первый участок (I) – зона упругой деформации;
- второй участок (II) – упругопластический (включает в себя характерную точку текучести);

- третий участок (III) – зона основной пластической деформации, когда металл начинает «течь»;
- четвертый участок (IV) – появление пластической неустойчивости с зарождением трещин;
- пятый участок (V) – необратимый рост трещин с полной потерей прочности (включает в себя характерную точку прочности);
- шестой участок (VI) – окончательное разрушение металла.

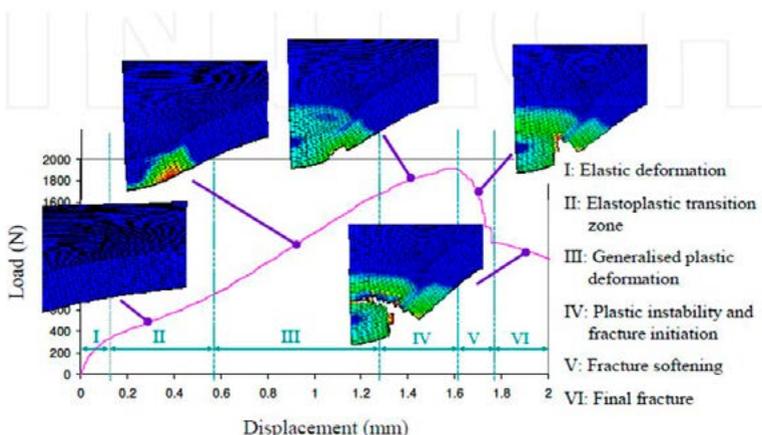


Рис.1. Диаграмма «усилие-перемещение» испытаний методом SPT [1]

Аналогично проведению стандартных испытаний участок I включает в себя линейную зону, соответствующую упругому поведению металла. А на участке II уже происходит переход к пластическому поведению, включая характерную точку текучести, после которой упругая зона заканчивается. Наличие и протяженность перечисленных зон напрямую зависят от физико-механических свойств испытуемого металла, определяющих упруго-пластическое состояние, таких как предел текучести, модуль упругости, коэффициент упрочнения стали и другие.

На первых двух участках имеет место деформация изгиба испытуемого образца, а уже дальше, на участках III и IV, происходит переход к так называемому мембранному режиму. При данных условиях стремительно нарастают необратимые пластические деформации. Процесс продолжается до образования сужения в будущих местах разрыва, аналогично стандартным испытаниям.

Интенсивные напряжения в местах сужения провоцируют образование трещин, что приводит к потере прочности испытуемой стали на участках V и VI. Факт разрушения фиксируется в точке максимальной нагрузки (характерная точка прочности). Необходимо отметить, что значение точки прочности, помимо свойств испытуемого металла образца, дополнительно зависит от коэффициента трения с индентором. При повышении данного параметра возрастает нагрузка разрушения стали.

В данный момент происходит изучение данного метода по двум актуальным направлениям:

- изучение свойств металлов при влиянии различных температур;
- корреляция результатов испытаний со стандартными методами.

Существует множество мнений на счет оптимальных геометрических параметров микро-образцов для испытаний [4, 5]. Проведено исследование, показавшее, что в зависимости от возрастания толщины микро-образца величина прогиба (упруго-пластического поведения) не меняется, а усилие вдавливания, необходимое для разрушения, заметно увеличивается. В научной работе [4] определено, что значение отношения диаметра микро-образца к его толщине должно быть не менее 60, так как при превышении данного показателя теряется повторяемость результатов и возникают недопустимые локальные деформационные процессы (пластическая неустойчивость).

Параметры, определяемые методом SPT, такие как характерные точки текучести и прочности (рис.2), оцениваются при помощи корреляций с результатами стандартных методов испытаний [4].

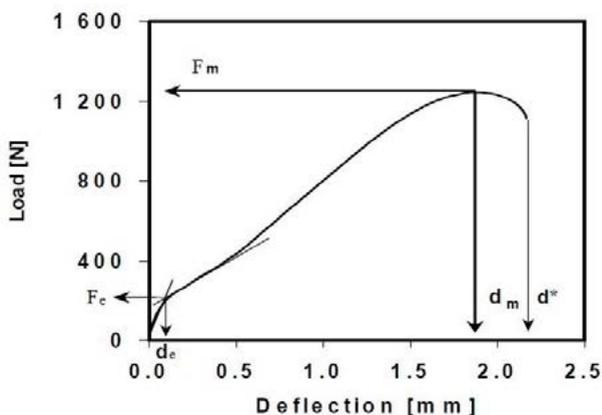


Рис.2. Диаграмма «усилие-перемещение» испытаний с определением характерных точек текучести и прочности

Главной задачей реализации данного метода является постоянное уточнение данных корреляций. Существуют исследования, ставившие целью проведения испытаний SPT и получение параметров трещиностойкости по критериям удельной энергии разрушения (G) и коэффициента интенсивности напряжений (K_{Ic}) [5], но на данный момент пока не удалось выстроить четкую структуру эксперимента для оценки данных значений.

Оценка свойств прочности и пластичности испытуемого металла при помощи метода испытания компактных образцов имеет два направления [5], одинаково применяемых в проводимых исследованиях:

- получение эмпирических зависимостей (формул) между результатами стандартных испытаний и результатов метода на основе экспериментальных данных;
- определение искомых прочностных параметров при помощи аналитической интерпретации полученных результатов методом SPT.

Из-за того, что приложение нагрузки при испытаниях на вдавливание в микрообразцы не является одноосным, отсутствует прямая зависимость между двумя представленными типами экспериментов. Решением данной проблемы является получение эмпирических корреляционных соотношений между испытаниями компактных образцов SPT и стандартными испытаниями [6, 7].

Полученные в результате испытаний значения прочности и пластичности металла являются прямыми характеристиками технического состояния нефтегазовых объектов [3], позволяющие оценить их техническое состояние с учетом негативного воздействия повреждающих факторов.

Список использованных источников

1. Džugan J., Konopík P. «Evaluation of fracture toughness properties for low carbon steel in the brittle state by small punch test technique» // *Hutnické listy*. – 2010. – Vol. LXIII. – pp. 119-122.
2. CWA 15627: Small Punch Test method for metallic materials, Part B: A code of practice for small punch testing for tensile and fracture behavior. – 2007.
3. Самигуллин Г.Х. , Щипачев А.М., Клейменов А.В. Обеспечение безопасности и ресурса нефтегазовых трубопроводов на основе результатов испытаний микрообразцов: монография. – СПб: ЛЕМА. - 2020 – 101 с.
4. Foulds J.R., Woytowicz P.J., Parnell T.K., Jewett C.W., Kadarman A.H. «Small Punch Testing for Fracture Toughness Measurement». Final Report prepared for EPRI, TR-105130, Research Project 2426-38.
5. Jai-Man Baik, Kameda J., Buck O. «Small punch test evaluation of intergranular embrittlement of an alloy steel» // *Scripta Metallurgica*. – 2013. – Vol. 17, issue 12. – pp. 1443-1447.
6. Konopík P., Džugan J. «Small punch test application to fracture toughness determination in the upper shelf region» // *Hutnické listy*. – 2010. – Vol. LXIII. – pp. 123-127.
7. Konopík P., Džugan J., Procházka R. «Determination of fracture toughness and tensile properties of structural steels by small punch test and micro-tensile test» // *Metal*. – 2013. –Vol. 5. – pp. 15-17.

СЕКЦИЯ 4. «Современные технологии, методы и особенности управления при решении задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций»

УДК 004:005.584.1:502/504

Об информационном обеспечении управления силами и средствами в лесопожарный период

Гилёк Сергей Александрович¹

Лашинский Василий Владимирович²

кандидат физико-математических наук

Ничепорчук Валерий Васильевич³

кандидат технических наук

¹*Центр управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по Красноярскому краю*

²*ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

³*Институт вычислительного моделирования СО РАН*

Аннотация: Рассмотрена проблема информационного обеспечения управления силами и средствами, реализующими мероприятия по реагированию и предупреждению природных пожаров. Выполнен анализ сервисов мониторинга лесопожарной обстановки и систем моделирования динамики природных пожаров. Показаны преимущества использования динамических планов действий для поддержки мероприятий реагирования сил и средств при тушении пожаров и проведении мероприятий защиты территорий.

Ключевые слова: поддержка управления, динамический план тушения пожаров, информационные технологии.

Введение

Борьба с негативными последствиями природных пожаров в России приобрела за последнее десятилетие новые очертания. Отличия от ситуации второй половины XX века, когда начали формироваться каталоги систематических наблюдений в Сибири, заключаются в резких изменениях климата, а также смене социально-экономической модели управления лесами [1-3]. Несмотря на большое количество исследований, посвящённых проблемам предупреждения и ликвидации природных пожаров, недостаточное внимание уделяется социальным факторам лесополь-

зования, дисбалансу ресурсного и информационного обеспечения разных уровней управления [4]. Система обеспечения безопасности территорий, построенная на основе управленческих подходов советского периода, оказалась слабо восприимчива к новым информационным технологиям, изменениям отношения людей к личной и общественной безопасности [5].

В работе выполнен анализ существующих систем и сервисов мониторинга и моделирования динамики пожаров. Предложен метод формирования динамических планов действий по предупреждению и ликвидации пожаров, основанный на использовании современных информационных технологий. Показаны направления улучшения информационного обеспечения лиц, принимающих решения на низовом уровне управления, за счёт оперативного предоставления им результатов обработки данных мониторинга и ситуационного моделирования.

Системы и сервисы обработки данных лесопожарного мониторинга и моделирования пожаров

Основной федеральной системой мониторинга природных пожаров считается ИСДМ-Рослесхоз. Её проект разработан в 1995 году, с 2005 года система находится в промышленной эксплуатации. Несмотря на постоянное обновление, геоинформационный ресурс отражает реальную оперативную обстановку в общих чертах, картографические данные слабо структурированы. Особенностью сервиса является обилие отчётных форм, не доступных для онлайн анализа, что затрудняет принятие решений, требует специальной подготовки пользователей.

Примером трансформации региональной системы на федеральный уровень является КАСКАД. Система разработана в Красноярском научном центре СО РАН и используется в работе ГУ «Национальный центр управления в кризисных ситуациях». Реализован посуточный режим представления данных космического и наземного мониторинга на основе веб-технологий. Ресурс отображает результаты оперативной обработки данных, полученных от российских и зарубежных космических аппаратов. Для автоматического выявления опасностей, моделирования динамики ситуаций необходимо дополнение системы инструментами аналитического и математического моделирования, создание шлюзов экспорта данных. Однако развитие системы в последние годы направлено на формирование многочисленных отчётных форм, содержание которых ориентировано на решение частных задач управления. Способ представления результатов мониторинга затрудняет понимание оперативной обстановки, приводит к росту объёмов слабо структурированной информации, не используемой в дальнейшем.

Альтернативной системой обработки данных дистанционного мониторинга является геоинформационная система МЧС России «Космоплан», разработанная компанией «СканЭкс». В зависимости от специфики задач используются оптические и радиолокационные снимки, различного спектрального диапазона и пространственного разрешения. ГИС «Космоплан» применяется для прогнозирования возникновения ЧС и экстренного реагирования, оценивания последствий и ущерба от стихийных бедствий. Автоматизированы процессы загрузки данных из разных источников, дешифрирования космических снимков, формирование ситуационных

карт, интеграция дополнительных источников данных (кадастр, внутриведомственные базы данных и др.). Предусмотрена возможность обработки снимков посредством визуально-интерактивного метода экспертного дешифрирования. Штатная эксплуатация системы приостановлена в 2017 году.

Компания «Формоза-Сервис» (Псков) разработала сервис видеонаблюдения и дистанционного мониторинга лесных пожаров «Лесоохранитель». Сервис интегрирует данные видеокamer высокого разрешения, расположенных на вышках мобильных операторов и контролирующих зоны видимости до 25 км. Особенностью проекта является обнаружение пожара приложением, работающим непосредственно на камере. После идентификации события камера передаёт данные в векторном виде на сервер для дальнейшего анализа, расчёта координат и площади пожара, формирования рекомендаций по реагированию. Успешный опыт эксплуатации системы в европейской части России не всегда можно копировать в регионах Сибири. Обширность зон контроля, сложный рельеф, жёсткие условия эксплуатации, малые гарантийные сроки обслуживания оборудования снижают эффективность работы системы. Необходимо тщательное обоснование мест размещения камер, организация комплексной защиты критически важных объектов независимыми системами мониторинга.

Отдельно от сервисов мониторинга эксплуатируются системы моделирования динамики пожаров. Система анализа и управления природно-техногенными рисками (САУР) создана в 2015 году МГТУ им. Н.Э. Баумана совместно с Национальным центром управления в кризисных ситуациях. САУР встроена в АИУС РСЧС. Реализованы модели лесных пожаров и оценок риска с учётом погоды и противопожарных преград. В качестве результатов выдаётся количество погибших и пострадавших, что трудно верифицировать на реальных ситуациях. Используемые карты не содержательны, модель не учитывает тип растительности, состояние, рельеф местности. Попытки интеграции других систем моделирования динамики пожаров (например, Тайга-3 и ИДСМ «Рослесхоз» или методик ВНИИ ГОЧС и КАСКАДа) не вышли за рамки пилотных проектов.

Недостатком систем мониторинга является необходимость локализации области интереса для лиц, принимающих решения на муниципальном уровне. Федеральный и региональный уровни управления более ориентированы на стратегические решения, принимаемые несколько раз за лесопожарный сезон. Для руководства формированиями нужна максимально оперативная актуализация данных, постоянное обращение к системам мониторинга и фильтрация информации до области интереса.

Формирование сервиса информационной поддержки управления

Методические документы определяют обеспечение охраны лесов от пожаров как последовательность мероприятий, выполняемых при получении информации о термических точках [6]. Однако на практике возникает множество неопределённостей в принятии решений, которые не предусмотрены нормативными документами. Например:

- приоритет тушения при возникновении нескольких пожаров в зоне ответственности при дефиците ресурсов;
- критерии использования техники и специалистов в зависимости от масштаба и условий пожара;
- критерии начала эвакуационных мероприятий и особенности их проведения при угрозе перехода природного пожара на населённые пункты и защищаемые объекты;
- правовое регулирование привлечения добровольцев к тушению пожаров и ответственность за их действия.

Перечисленные неопределённости решаются руководителями противопожарных формирований интуитивно за счёт управленческого опыта. Проблему дефицита объективной и оперативной информации предлагается решать путём использования динамических планов действий. В отличие от «классических» планов пожаротушения, динамические планы развивают сценарный подход и технологию ситуационного моделирования [7, 8]. Их преимущества:

- уточнённый по месту и времени расчёт класса пожарной опасности и динамики пожара с учётом типа леса, гарей, повреждений, лесозаготовок, дорожной сети;
- оценка сил и средств на основе суточной строевой записки;
- возможность краткого и детализированного представления информации, визуализации развития ситуации в смартфоне.

Для формирования детализированного описания ситуации с изменяемым объёмом представления разработана схема информационного процесса ситуационного моделирования реагирования на природный пожар (Рисунок 1).

Ситуационное моделирование начинается с ввода данных о пожаре и метеоусловиях (шаг 1). Далее формируется или инициируется сценарий, описывающий последовательность логического вывода (2). В первом случае эксперт вводит типовые условия возникновения пожара, моделирует его развитие и подбирает рациональный способ тушения и проведения мероприятий защиты. Результат сохраняется в базе знаний. В оперативном режиме этот же алгоритм формирует решения на основе реальной ситуации. Комплексность подхода заключается в учёте не только динамики пожара, прогнозе его распространения, но и планировании группировки сил и средств с учётом уязвимости территории, характеристик защищаемых объектов (последовательное выполнение этапов 4-8). При этом для формирования карт используются максимально информативные пространственные данные: топографические основы М1:25 000 с уточнёнными данными дорожной сети, просек, других элементов лесоустройства, таксационные описания, результаты фитопатологических обследований, банк снимков БПЛА. Шаг 6 предполагает использование цифровых паспортов территорий с актуализированными данными по противопожарной защите поселений (наличие минерализованных полос, противопожарного прикрытия силами ФПС ГПС МЧС России и т.п.) [9]. Для автоматизации распределения событий по зонам ответственности подразделений территориальных подсистем РСЧС необходимо на основе перечней формирований лесопожар-

ного центра, пожарных частей МЧС России и других подразделений создать общий реестр сил и средств (7). Рекомендации (шаг 8) формируются на основе базы знаний, получаемой путём переработки экспертами методик, литературы, практического опыта. Результаты работы системы представляются в виде динамических карт, таблиц, инфографики, схем и кратких текстов.



Рис. 1. Алгоритмическая схема формирования сценария динамического плана действий

Кроме ситуационного, целесообразно применение аналитического моделирования, позволяющего использовать в управлении ситуации-аналоги. Для этого необходимо описания произошедших пожаров привести в соответствие требованиям Machine Learning и другим технологиям интеллектуального анализа данных.

Использование сервиса

Уровень развития современных информационных технологий позволяет полностью автоматизировать процессы получения, обработки и доведения информации до потребителя. Иными словами, наметились контуры создания целостных информационных процессов трансформации данных от приборов мониторинга (космических аппаратов, сенсоров постов наземных наблюдений) до лиц, принимающих решения. Участие человека заключается в дополнении описаний объектов и процессов сложно формализуемой информацией. По мере развития нейросетевых технологий, накопления размеченных данных, доля такой информации будет уменьшаться [11].

В Таблице 1 приведены основные задачи уровней управления при подготовке и прохождении лесопожарного периода. Основная идея подхода – чем выше уровень управления, тем больше доля стратегических задач в управлении и меньше оперативной работы.

Таблица 1. Основные задачи для иерархии РСЧС с учётом новых информационных технологий

Уровень управления	Задачи
Федеральный	Установление стандартов хранения и обмена данными. Формирование системообразующих ресурсов. Разработка бизнес-процессов реагирования на пожары на методическом уровне
Региональный	Актуализация цифровых паспортов территорий и контроль оперативной обстановки в регионе. Конкретизация бизнес-процессов реагирования на пожары в виде сценариев ситуаций
Муниципальный и объектовый	Управление противопожарными формированиями и ресурсами. Работа с населением, лесопользователями, организация взаимодействия ТП РСЧС

Максимальной эффективности в борьбе с пожарами и другими стихийными бедствиями можно достичь при сочетании трёх элементов: наличие базовой фундаментальной подготовки лиц, принимающих решения; знание специфики территории; достаточное информационное обеспечение управления силами и средствами. Решение первой задачи возложено на систему образования и переподготовки кадров, в том числе сеть учебно-методических центров, раскрытие потенциала дистанционных курсов. Ограниченные способности к удержанию информации, необходимой для принятия решений в экстремальных ситуациях, показывает лучшее сочетание объём/детализация для местного уровня управления. Третьему из перечисленных элементов и посвящена данная работа.

Реализация предлагаемого метода возможна путём расширения функционала мобильного приложения «Термические точки», внедряемого МЧС России с весны 2020 года на всей территории страны. Приложение оперативно информирует глав

территорий о возникших природных пожарах в зонах их ответственности; рассчитывает уровень угроз населённым пунктам и защищаемым объектам; собирает информацию о характеристиках события, задействованных силах и средствах. Итерационное дополнение информационных ресурсов после каждого лесопожарного сезона позволит повысить качество управления лесным фондом и развитием сельских территорий.

Заключение

Развитие информационных технологий создаёт предпосылки кардинального изменения управления сложными системами. Цифровизация рутинных операций сбора и обработки данных приводит к необходимости сокращения управленческого аппарата с одновременным повышением его компетентности. Показано, что формализация информационных ресурсов в сочетании с методами глубокой обработки данных способствует снижению неопределённостей, повышает уровень безопасности территорий. Однако для системного снижения рисков природных пожаров в условиях глобальных изменений природных условий требуется пересмотр экономической модели лесопользования и охраны лесов с учётом исторического опыта и примеров зарубежных стран.

Список использованных источников

1. Котельников Р. В., Коршунов Н. А., Гиряев Н. М. Задачи принятия решений в области охраны лесов от пожаров. Основные приоритеты развития информационного обеспечения // Сибирский лесной журнал, 2017. – № 5. – С. 18–24.
2. Швиденко А.З., Щепашенко Д. Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение, 2013. – № 5. – С. 50–61.
3. Левкевич В.Е., Лепихин А.М., Москвичёв В.В., Ничепорчук В.В., Шапарев Н.Я., Шокин Ю.И. и др. Безопасность и риски устойчивого развития территорий. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 224 с.
4. Ничепорчук В.В., Пенькова Т.Г. Комплексный анализ факторов территориальных рисков // Проблемы анализа риска, 2019. – Т.16. – № 4. – С. 52-62. DOI: 10.32686/1812-5220-2019-16-4-0-0
5. Мельник А.А., Осавелюк П.А., Антонов А.В., Мартинович Н.В. Роль социологических исследований при управлении системой подготовки населения в области пожарной безопасности // Сибирский пожарно-спасательный вестник, 2018. – № 2 (9). – С. 38-41.
6. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. - М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1995. - 110 с.
7. Ничепорчук В.В., Яровой А.В., Кожемякин Н.Л. Метод проектирования сценариев действий в опасных ситуациях / Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всеросс. научно-практ. конф. – Изд-во СибПСА ГПС МЧС России, 2019. – С. 47-58.

8. Nicheporchuk V.V., Nozhenkov A.I. The technology of situational modeling of dangerous events for territorial management information support // *Procedia Structural Integrity*, 2019. – №20 С. – Pp. 248-253.
9. Бабинцев И.В., Некрасов И.В., Ничепорчук В.В. Концепция формирования паспортов безопасности территорий с использованием современных информационных технологий // *Сибирский пожарно-спасательный вестник*, 2018. – № 3.– С. 17-22.
10. Красноярский лесопожарный центр. [Электронный ресурс] URL: <http://lpcentr.ru/index.php>. (Дата обращения 13.10.20)
11. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. *Deep Learning*. (2017) The MIT PressCambridge, Massachusetts. London, England. – 653 p.

Анализ результатов применения информационных технологий при лицензировании деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры

Зенкова Ирина Федоровна

кандидат технических наук

ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

Аннотация: Предлагается анализ влияния результатов применения информационных технологий при лицензировании деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры как одно из условий формирования инструмента ликвидации чрезвычайных ситуаций в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: лицензирование, пожарная безопасность, информационные технологии, управление.

В настоящее время, действующим законодательством Российской Федерации [1] установлены следующие основные положения, направленные на формирование единых подходов, применяемых при обеспечении пожарной безопасности в Российской Федерации:

- понятие системы обеспечения пожарной безопасности;
- определение её основных функций и элементов.

Ликвидация чрезвычайных ситуаций в области пожарной безопасности - тушение пожаров - является одной из основных функций системы обеспечения пожарной безопасности, реализация которой может быть осуществлена организациями и гражданами на основании действующей лицензии МЧС России. Лицензии на виды деятельности в области пожарной безопасности предоставляются МЧС России в форме государственной услуги, порядок предоставления которой обеспечивает открытое регулирование отношений, возникающих между лицензирующими органами МЧС России, юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Непрерывный поиск наиболее эффективных решений задач управления действиями всех участников лицензирования в области пожарной безопасности относится к актуальным проблемам пожарной безопасности, требующим, в том числе, мониторинга применения информационных технологий в деятельности лицензирующих органов, а также анализа результатов данного мониторинга. Проводимые в данном направлении исследования направлены на выработку условий формирования инструмента ликвидации чрезвычайных ситуаций в области пожарной безопасности.

Следует отметить, что уже сейчас федеральным законодательством [2] предусмотрено ведение электронного документооборота по лицензированию отдельных видов деятельности в форме электронных документов, подписанных усиленной квалифицированной электронной подписью [3], в том числе и через единый портал государственных и муниципальных услуг. Применяемые на современном этапе информационные технологии позволяют достигнуть прозрачности системы государственного управления в области пожарной безопасности, что отвечает целям, задачам и приоритетным направлениям государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности [4].

При этом, совершенствование управления лицензированием в области пожарной безопасности опирается на определение возможностей применения модернизированного подхода, направленного на снижение объемов временных затрат как сотрудников лицензирующих органов МЧС России, так и непосредственно соискателей лицензии и лицензиатов.

Анализ показал, что внедрение информационных технологий на отдельных этапах лицензирования следует осуществлять с учетом внешней среды, которую составляют прямые и (или) прогнозируемые факторы, влияющие на изменение количества времени, затрачиваемого всеми участниками предоставления государственной услуги по лицензированию видов деятельности в области пожарной безопасности, а также на снижение расходов соискателей лицензии и лицензиатов.

Рассмотрим в качестве примера управление предоставлением государственной услуги по лицензированию деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры (далее – государственная услуга), административный регламент предоставления которой утвержден в установленном порядке [5]. Схема организации управления предоставлением государственной услуги приведена на рисунке 1.

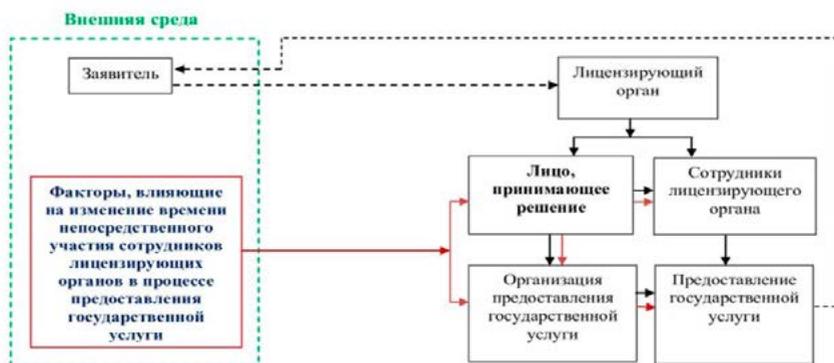


Рис.1. Схема организации управления предоставлением государственной услуги по лицензированию видов деятельности

К прямым факторам, влияющим на снижение времени непосредственного участия сотрудников лицензирующих органов в процессе предоставления государственной услуги, относится увеличение числа заявлений о предоставлении государственной услуги и прилагаемых к нему документов, направляемых в лицензирующий орган с применением информационных технологий. При этом, временные и материальные затраты соискателей лицензии и лицензиатов также изменяются, что обусловлено необязательностью их личного присутствия или обеспечения передачи материалов в лицензирующий орган посредством почтовой связи.

К прогнозируемым факторам, снижающим время непосредственного участия сотрудников лицензирующих органов в процессе предоставления государственной услуги, относятся изменения, планируемые к внесению в нормативные правовые акты Российской Федерации, реализация которых позволит решить следующие задачи управления:

- увеличение объема применения информационных технологий при предоставлении государственной услуги;
- возможность передачи отдельных административных процедур предоставления государственной услуги в многофункциональные центры предоставления государственных и муниципальных услуг, использующих систему межведомственного электронного взаимодействия.

Так, вступающими в силу с 01 января 2021 года изменениями [6] вводятся положения, при которых наличие лицензии будет подтверждаться записью в реестре лицензий, что исключает оформление лицензии или её дубликата на бумажном носителе.

Кроме того, заявление о предоставлении или переоформлении лицензии и прилагаемые к нему документы будут направляться в лицензирующий орган в форме электронных документов в установленном порядке [7]. Одновременно, заявление и прилагаемые к нему документы также могут быть представлены непосредственно на бумажном носителе или направлены заказным почтовым отправлением с уведомлением о вручении в многофункциональный центр предоставления государственных и муниципальных услуг (в случае передачи многофункциональному центру полномочий по предоставлению соответствующей услуги).

Таким образом, поэтапное внедрение расширенного применения информационных технологий, как лицензирующими органами МЧС России, так и соискателями лицензии и лицензиатами, позволяет обеспечить одновременное снижение нагрузки на всех участников лицензирования отдельных видов деятельности в области пожарной безопасности, приводит к снижению административных барьеров, повышению доступности государственной услуги и обеспечению её открытости.

Сравнительный анализ показателей эффективности лицензирования деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры за 2018 и 2019 годы, приведенный на рисунке 2, показал следующую динамику изменений.

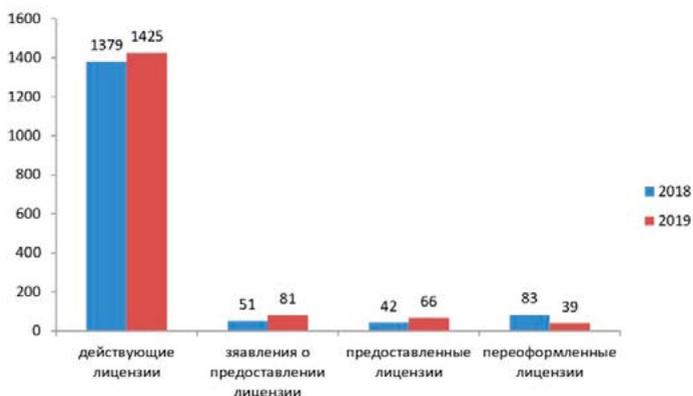


Рис. 2. Результаты показателей эффективности

По сравнению с показателями эффективности за 2018 год:

- количество действующих лицензий увеличилось на 3,3%;
- количество заявлений о предоставлении лицензий, поступивших и рассмотренных в лицензирующие органы, увеличилось на 58,8%;
- количество предоставленных лицензий увеличилось на 57,1%;
- количество переоформленных лицензий уменьшилось на 53,0%.

Также, решения по итогам рассмотрения заявлений о предоставлении и переоформлении лицензий принимались лицензирующими органами МЧС России со следующими средними сроками:

- в 2019 году - о предоставлении лицензии 32 дня, о переоформлении лицензии 15 дней.
- в 2018 год - о предоставлении лицензии 34 дня, о переоформлении лицензии 16 дней.

Увеличение в 2019 году количества действующих лицензий на деятельность по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры, а также снижение времени, затрачиваемого лицензирующими органами МЧС России на предоставление государственной услуги, характеризует положительную направленность развития деятельности хозяйствующих субъектов в указанном секторе обеспечения пожарной безопасности, а также наличия необходимых государственных механизмов для её регулирования.

Список использованных источников

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл.дан. – М., 2020. – Доступ из лок-ной сети б-ки ФГБУ ВНИИПО МЧС России (дата обращения 05.10.2020).

2. О лицензировании отдельных видов деятельности [Электронный ресурс]: федеральный закон от 04 мая 2011 г. № 99-ФЗ // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл.дан. – М., 2020. – Доступ из лок-ной сети б-ки ФГБУ ВНИИПО МЧС России (дата обращения 05.10.2020).
3. Об электронной подписи [Электронный ресурс]: федеральный закон от 06 апреля 2011 года № 63-ФЗ // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл.дан. – М., 2020. – Доступ из лок-ной сети б-ки ФГБУ ВНИИПО МЧС России (дата обращения 06.10.2020).
4. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года [Электронный ресурс]: указ Президента Российской Федерации от 01 января 2018 г. № 2 // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл.дан. – М., 2020. – Доступ из лок-ной сети б-ки ФГБУ ВНИИПО МЧС России (дата обращения 06.10.2020).
5. Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по предоставлению государственной услуги по лицензированию деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 24 августа 2015 г. № 473 // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл.дан. – М., 2020. – Доступ из лок-ной сети б-ки ФГБУ ВНИИПО МЧС России (дата обращения 06.10.2020).
6. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части внедрения реестровой модели предоставления государственных услуг по лицензированию отдельных видов деятельности [Электронный ресурс]: федеральный закон от 27.12.2019 № 478-ФЗ // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл.дан. – М., 2020. – Доступ из лок-ной сети б-ки ФГБУ ВНИИПО МЧС России (дата обращения 07.10.2020).
7. Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг [Электронный ресурс]: федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 210-ФЗ // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл.дан. – М., 2020. – Доступ из лок-ной сети б-ки ФГБУ ВНИИПО МЧС России (дата обращения 07.10.2020).

Информационно-вычислительные системы, используемые в органах государственного пожарного надзора

Бурлаченко Ксения Григорьевна

ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация: Описаны основные информационные системы, используемые в подразделениях надзорной деятельности и сделан вывод об функциональной пригодности.

Ключевые слова: надзор, контроль, данные, статистика.

Введение

В целях внедрения современных технологий в работу, выполняемую государственным пожарным надзором, в настоящее время результаты проводимых проверок вносятся в различные программные комплексы, например: СПО ИАП, ГАС ПС, ГАС «Единый реестр проверок» и др.

1. СПО ИАП

Для сбора и анализа информации о состоянии безопасности на объектах защиты в работе подразделений надзорной деятельности используется специальное программное обеспечение СПО ИАП.

Веб-сайт «АИС Электронный инспектор» позволяет просматривать информации о безопасности объектов защиты и результатов надзорной деятельности в области ГПН, ГНГО и ГНЗНТЧС всех территориальных органов МЧС России и СУ ГПН МЧС России. [1], [2].

В функциональные возможности данной программы входит:

- работа в сетевом и автономном режимах;
- возможность определять принадлежность баз данных, созданных конкретными подразделениями;
- осуществление внесения и изменения данных авторизованными сотрудниками подразделения, вошедшими в программу под личным паролем;
- объединения баз данных и проведения анализа на различных уровнях организации;
- интегрирование баз данных субъектов в сводную базу данных Системы «Электронный инспектор» федерального уровня;

Система Веб-сайт «АИС Электронный инспектор» включает в себя две подсистемы: сайт «Государственный надзор в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» и сайт «Государственный пожарный надзор России».

Несмотря на большое количество возможностей, реализуемых данной программой, считаю важным отметить одну особенность, которая в настоящее время заставляет повторно вводить данные, внесенные в базу данных СПО ИАП.

С целью исполнения федерального закона «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля(надзора) и муниципального контроля» в настоящее время сотрудники подразделений надзорной деятельности обязаны вводить информацию по планируемым и проведенным проверкам объектов защиты на портале Генеральной прокуратуры РФ ФГИС «Единый реестр проверок»[5]. Данные, вносимые в ФГИС ЕРП идентичны с информацией, необходимой к заполнению в СПО ИАП.

Считаю важным не допускать рост количества программных комплексов, требующих введения данных, которые уже были внесены. Также, для увеличения временных ресурсов личного состава надзорных органов необходимо обеспечить синхронизацию баз данных СПО ИАП и ФГИС ЕРП.

2. ГАС ПС

ГАС ПС – Государственная автоматизированная система для обеспечения автоматизированной поддержки функций Генеральной прокуратуры Российской Федерации по осуществлению государственного единого статистического учета заявлений и сообщений о преступлениях, состояния преступности, раскрываемости преступлений, состояния результатов следственной работы и прокурорского надзора, а также по формированию и представлению отчетности органов прокуратуры Российской Федерации. [3]

В области государственного пожарного надзора данная система собирает данные по пожарам на закрепленной территории, в которых усматриваются признаки преступлений.

3. СТАТПОЖ

Программно-техническое обеспечение сбора, ведения и обработки статистической отчетности ГПС МЧС России в составе ФБД «Пожстат» (внедрено ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

Программный комплекс обеспечивает автоматизацию официального статистического учета пожаров (загораний), последствий от них и формирования административных данных о возгораниях и пожарах, произошедших на территории Российской Федерации.

К функциональным возможностям программы относятся: ввод статистической информации по пожарам (загораниям) путем заполнения карточек учета пожаров (загораний); осуществление выборок статистических данных из баз данных, экспорт карточек учета выборочных данных в приложения Office.

Результаты работы настоящего программного комплекса применяются в различных научных работах и исследованиях.

Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

4. Пилотный проект «Модуль учета пожаров и их последствий»

С целью реализации приоритетного проекта «Совершенствование функции государственного надзора МЧС России в рамках реализации приоритетной программы «Реформа контрольной и надзорной деятельности» в настоящее время в некоторых субъектах РФ проводится тестирование автоматизированной аналитической системы поддержки и управления контрольно-надзорных органов МЧС России.

В настоящее время данная программа осуществляет сбор данных о пожарах и загораниях на поднадзорных территориях и объектах защиты.

Заключение

Рассмотрев основные информационные системы, используемые в подразделениях надзорной деятельности, хочу отметить необходимость синхронизации баз данных, содержащих одинаковую информацию. В настоящее время ввиду сокращения численности инспекторского состава государственного пожарного надзора, увеличения числа плановых проверок [6] и возрастания нагрузки на конкретного инспектора [4], существует необходимость экономии временных ресурсов, а также уточнения требуемой численности инспекторского состава государственного пожарного надзора. В связи с этим, можно отметить необходимость остановки роста количества программных комплексов, требующих дополнительных временных затрат для введения идентичных данных, а при внедрении новых разработок, необходимых для замещения устаревших программных комплексов, необходимо предусматривать возможность копирования информации из уже имеющихся баз данных.

Список использованных источников:

1. О вводе в эксплуатацию специального программного обеспечения автоматизированной системы сбора информации о противопожарном состоянии объектов надзора и исполнению административных процедур по осуществлению государственного пожарного надзора на объектах МЧМ России: Приказ МЧС России от 25.01.2012 № 23: [Текст] : 3 листа.
2. Шарафутдинова Е.Н., Провар П.В. Руководство администратора. Система СПО ИАП «Системы сбора и анализа информации о состоянии пожарной безопасности и результатов надзорной деятельности на объектах защиты, в том числе объектов социальной защиты и здравоохранения, на территории Российской Федерации» Система АИС «Электронный инспектор», 2012.
3. Проект Указа Президента Российской Федерации «О государственной автоматизированной системе правовой статистики», подготовлен Минюстом, 12.10.2016.
4. Осипов, Д. А. О понятиях «государственный контроль», «государственный надзор» и «тотальный контроль над личностью» / Д.А. Осипов, В. М. Большакова // Власть. – 2015. – № 5. – С. 136–140. – ISSN 2071-5358.
5. Информационный ресурс <https://proverki.gov.ru>.
6. Информационный ресурс <https://50.mchs.gov.ru>.

Обоснование концепции безопасности в информационной модели управления

Кропотова Наталья Анатольевна

кандидат химических наук

Пучков Павел Владимирович

кандидат технических наук

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье рассматривается концепция безопасности в информационной модели управления. Поскольку управление безопасностью становится возможным, авторами предлагается информационная модель управления на основе эколого-экономических рисков. Предложенную систему можно адаптировать для объектов различного, в том числе производственного назначения, а также национального и международного значения, поскольку будет оценивать деятельность, направленную на снижение уровня рисков экономических потерь. В предложенной модели деятельность управления адаптивна к меняющимся реальным условиям, возникающим сопутствующим ЧС, или другим опасным и негативным факторам.

Ключевые слова: информационная модель управления, принятие управленческих решений, эколого-экономические риски, оценка рисков, адаптивная система управления.

За последние десятилетия, несмотря на ежегодное снижение количества пожаров, проблема пожаров вышла на уровень глобальных, затрагивающих не только национальные, но и международные интересы.

Все это в полной мере относится к промышленным предприятиям добычи, переработки, хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов, особенно к нефтебазам. На наш взгляд основной проблемой глобального значения занимает экология нефтяной промышленности: загрязнение окружающей среды продуктами сгорания и термического разложения до активных регентов, аварии и катастрофы разливов наносящие колоссальный ущерб. И, тем не менее, развитие новых информационных и аппаратных решений могло бы способствовать минимизации этих катастрофических последствий. Добыча углеводородов при напряженной современной обстановке способствует задуматься еще раз о значении роли углеводородов в нашей жизни.

Одним из качественных показателей изменения климата на Земле считается изменение ледового покрова полюсов, изменение угла наклона земной оси, повышение температуры океана. Несмотря на то, что количественные показатели варьируются в пределах 1 °С, угроза нарастает. Изменение климатических показателей

зон, приводит к естественному изменению биосферы: вредные выбросы в атмосферу, производственные стоки в почву и пресную акваторию, а это в свою очередь ведет к изменению (мутации, переселению, уничтожению) биоценоза.

Одним из видимых решений видится в адаптации техногенного риска по использованию углеводородов на каждом предприятии, в каждом производстве, в каждом потребителе.

Если обратиться к статистическим данным, то увидим, что вклад от объектов нефтехимической промышленности в пожароопасную обстановку составляет 15%. Но при оценке обстоятельств возникновения данных пожаров (90 % из которых взрывы) и тем более последствиям, можно подвести к всей сложности этих процессов как для участников процесса тушения пожаров, так и для объектов национального наследия и защиты человеческой жизни.

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.

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 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. Поэтому выявить и ликвидировать основные причины реальной пожарной обстановки способствует комплексный подход.

Затраты на предотвращения пожара несоизмеримо меньше в сравнении с ущербом, который может быть причинен пожаром. Предлагается интегрировать систему управления эколого-экономическими рисками в систему управления промышленной безопасностью через реализацию информационной модели организации управления, которая приведена на рисунке.

Информационная модель включает в себя несколько этапов, см. рис.

На первом этапе происходит контроль состояния безопасности. При этом выделяется несколько видов контроля:

- внутренний аудит;
- административно-общественный контроль;
- контроль службы охраны труда;
- производственный контроль.

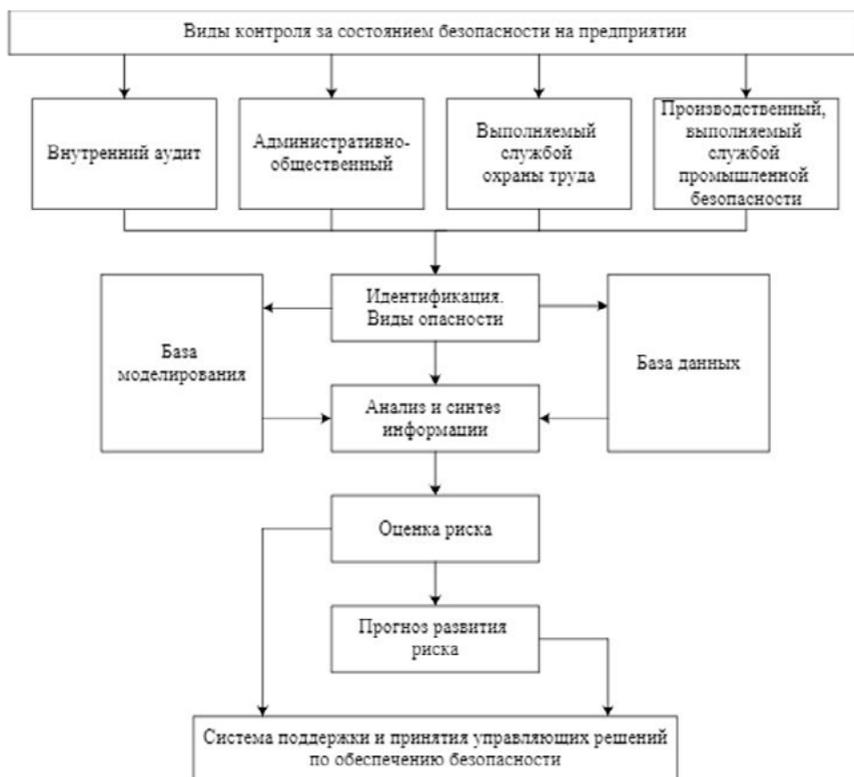


Рис. Информационная модель организации управления промышленной безопасностью

На втором этапе - классификация опасностей по срокам их устранения. Для одних случаев опасность устраняется немедленно, тогда информация сразу перемещается в последний блок, а для других в течение определённого временного промежутка и информация в этом случае попадает в блок первичной информации. Данный блок используется для классификации опасности по виду, месту возникновения, действию производственного фактора и т.д. Обработанная информация поступает в блок моделирования и блок базы данных для ее дальнейшей корректировки.

Информация с данных блоков следует в блок анализа и синтеза. Здесь формируется модель контроля, необходимая как для качественной, так и для количественной оценки риска.

Качественная оценка направлена на определение тяжести последствий опасности. В блоке количественной оценки риска складываются четыре основные составляющие:

- аварийность объекта;
- повышенная опасность выполняемой работы;
- условия труда;
- отсутствие или несоответствие выполняемой работы условиям труда.

Получение информации поступает в блок прогноза развития риска или сразу в систему подготовки и принятия решений по управлению промышленной безопасностью предприятия. Факты свидетельствуют о том, что проблема противопожарной защиты данных объектов требует дальнейшего изучения и является актуальной.

Таким образом, управление безопасностью становится возможным, разрабатывая информационную модель управления на основе эколого-экономических рисков. Данную систему можно адаптировать для объектов различного, в том числе производственного назначения, а также национального и международного значения, поскольку будет оценивать деятельность, направленную на снижение уровня рисков экономических потерь. В предложенной модели деятельность управления адаптивна к меняющимся реальным условиям, возникающим сопутствующим ЧС, или другим опасным и негативным факторам.

Список использованных источников

1. Кропотова Н.А. Прогнозирование экологических последствий возможных аварий // 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. – С. 303 - 307.
2. Котляров Е.Л., Кропотова Н.А. Совершенствование процесса управления в области обеспечения техносферной безопасности // Сборник VIII всероссийской научно-практической конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности», Железногорск, 31 мая 2019 г. Сибирская ПСА ГПС МЧС России, 2019. С. 282 – 287.

Новый алгоритм трассировки сетей наружного противопожарного водоснабжения в условиях горного ландшафта

Калач Андрей Владимирович^{1,2}

доктор химических наук, профессор

Дмитриев Евгений Вячеславович²

Черепанов Евгений Александрович¹

¹ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

²ФКОУ ВО Воронежский институт ФЦИН России

Аннотация: в статье приводятся принципы трассировки распределительных линий насосных станций в условиях горного ландшафта. Предложен алгоритм и математическая модель, оптимизирующая как численность, так и расположение множества гидрантов, полностью обслуживающих заданный район застройки. Концептуальная модель содержит построение в определенном смысле оптимальной сети, покрывающей определенное множество.

Ключевые слова: алгоритм расположения, пожарный гидрант, противопожарное водоснабжение, моделирование, угольная шахта.

На объектах промышленного производства, складирования, территориях населенных пунктов создается система водоснабжения, необходимая для обеспечения жизнедеятельности и пожарной безопасности. Такая система включает в себя ряд технологических инженерных сооружений и оборудование, необходимое для забора воды из различных по виду источников воды, ее грубой очистки, фильтрации, транспортировки по магистральным, распределительным трубопроводным направлениям к потребителям.

Для оперативной подачи требуемого объема огнетушащего вещества с необходимым напором за нормативный период в условиях достаточной степени надежности эксплуатации всего комплекса инженерных сооружений система наружного противопожарного водоснабжения проектируется как часть общей системы водоснабжения, наравне с питьевым, производственным водопроводом; реже как изолированная от них инженерная сеть [1].

Инженерная инфраструктура, наличие возможностей ее реорганизации в условиях динамически изменяющихся потребностях в каком-либо ресурсе – все это представляет собой определяющие факторы, которые оказывают огромное влияние на развитие современных городов. Эти факторы актуализируют проблему проектного моделирования. Задача оптимальной организации коммуникаций представляет большой интерес практический интерес при построении оптимальной сети коммуникаций [2].

При этом идея трассировки распределительных линий насосных станций основана на создании стоимостной поверхности и выборе оптимального пути между источником и исходным потребителем. Для решения данной задачи, необходима ее математическая постановка задачи на языке теории гиперсетей. Данная постановка принимает во внимание взаимосвязь элементов, область размещения и проектируемую сеть [2-8].

Известно, что высокий травматизм и ущерб инфраструктуре, расположенной в условиях горного ландшафта наносят пожары, развившиеся из-за несвоевременного ввода в действие средств противопожарной защиты, в частности из-за отсутствия или слабого напора воды в пожарно-оросительном трубопроводе. При этом, в качестве источников водоснабжения могут использоваться природные источники; существующие хозяйственно-питьевые водопроводы (районные, городские и т.п.). Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для каждого предприятия в условиях горного ландшафта (например, шахты) требует тщательного изучения и анализа водных ресурсов района, в котором оно расположено.

Выбор в качестве источника водоснабжения шахты существующих хозяйственно-питьевых водопроводов избавляет от необходимости очистки и обеззараживания воды перед подачей в пожарно-оросительную сеть, но ставит работу системы водоснабжения шахты в зависимость от бесперебойной работы обслуживающего водопровод предприятия.

Использование вод близлежащих природных источников создает независимую систему водоснабжения угольного предприятия.

Однако следует учитывать, что организация такой системы требует возведения водозаборных сооружений, насосных станций, прокладку водоводов значительной протяженности от источника до промплощадки шахты, устройство сооружений по очистке и обеззараживанию воды.

Для построения нового алгоритма будем исходить из обязательного требования – насосная станция на поверхности района. В этом пункте мы предлагаем построение итерационного алгоритма, у которого в качестве пространства поиска будут не все точки пространства, а точки, принадлежащие прямоугольной сетки, начерченной на плане исследуемой местности (Рис. 1). Такое предположение гарантирует расположение насосной станции на поверхности.

Рассмотрим последовательные действия алгоритма трассировки сетей наружного противопожарного водоснабжения:

1. Используя спутниковые снимки района, помещаем снимок исследуемого района в квадрат A (Рис. 2). В этом квадрате отмечены точки $M_k^1 = (x_k, y_k, z_k)$ $k=1, 2, \dots, n$ пересечения равномерной сетки достаточно крупного размера (Рис.3) попавшие в снимок района. С реальными координатами в трехмерном пространстве – соответствующие горной местности расположения.
2. Обозначим эти точки $M^i(k, j)$. На сетке мы можем ввести две координаты соответствующие линиям в разных направлениях. В каждой из этих точек вычисляем значение целевой функции (сумма расстояний от точки $M^i(k, j)$ до точек потребителей воды около зданий).

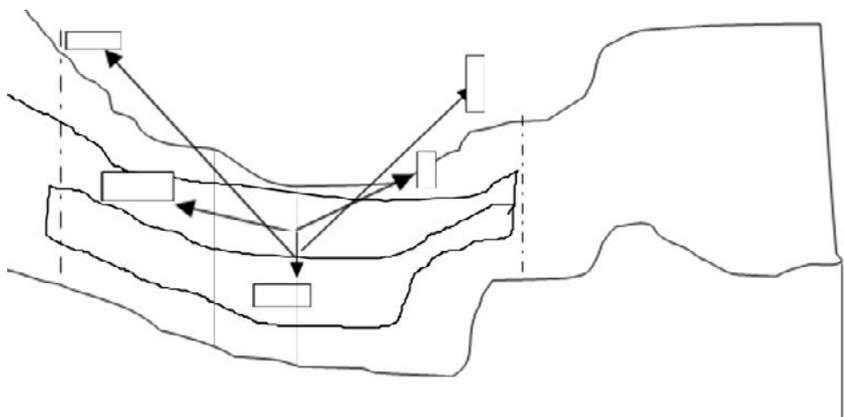


Рис. 1. Точка, из которой выходят стрелки – это точка $M^1(k, j)$.
Точки, в которые входят стрелки – это точки потребителей воды P_i

Обозначим точки потребителей – P_i , пусть их будет $N, i=1, 2, \dots, N$.

Они также имеют реальные горные координаты. Для фиксированных параметров (k, j) целевая функция принимает значение:

$$\Phi_{k,j}^1 = \sum_{m=1}^N \rho(M^1(k, j), P_m) \quad (1)$$

3. Из этой конечной последовательности выбираем минимальное значение.

Предположим, оно реализуется на индексах – (k_1^*, j_1^*) .

Эта точка на рисунке 2 обозначена кружком, в центре квадрата Б.

Итак, $\min \Phi_{k,j}^1 = \Phi_{k^*, j^*}^1$. Первая итерация закончена.

4. По сетке выбирается наименьший квадрат с центром в точке с индексами

(k^*, j^*) . Квадрат Б линейным преобразованием переводится в квадрат размера А. В нем снова строится аналогичная прямоугольная сетка с точками. Снова вычисляются все значения целевой функции в точках $M^2(k, j)$. Из этой конечной последовательности выбираем минимальное значение. Предположим, оно реализуется на индексах – (k^*, j^*) . И так далее до заданного значения. Так как последовательность $M^n(k_n^*, j_n^*)$ не возрастает и ограничена снизу, то она имеет предел. Сам предел нам и не нужен достаточно разумного приближения, при котором последовательность мало изменяется.

Таким образом, в докладе рассмотрены особенности проектирования различных специальных тупиковых сетей наружного противопожарного водоснабжения зонального действия. В данных сетях возможно выборочная подача воды именно в тот район, где произошло возгорание, что значительно экономит различные задачи как строительства сетей, так и их обслуживания. Опираясь на развитие современных методов и способов передачи информации, обоснованы преимущества этих сетей.

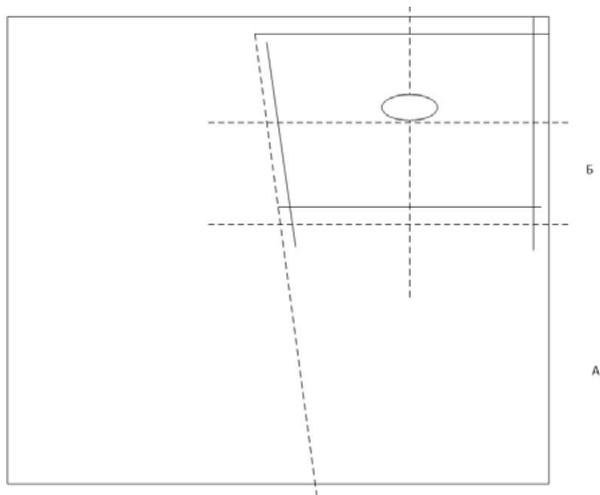


Рис. 2. Схематичное изображение

При проектировании этих сетей в зависимости от сложности прокладки труб, геометрии размещения и размеров и форм зданий предлагается использовать различные метрики измерения длин на плоскости. Построения используют задачу нахождения координат точки Ферма-Штейнера для различных метрик. Эта задача решается компьютерными программами для численного определения координат с итерационной проверкой значения целевой функции. Вид функции зависит от способа (метрики) измерения расстояния.

Заменим, что построение сетей Штейнера (связанных с точками Ферма-Штейнера) в различных метриках давно и успешно применяется для разных прикладных задач, например, для проведения оптимальных сетей нефтепроводов. Привязка по виду более подходящего способа подачи воды учитывает способ застройки микрорайона.

Список использованных источников

1. Интернет-ресурс Наружное противопожарное водоснабжение. – режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/naruzhnoe-protivopozharnoe-vodosnabzhenie/>, свободный (01.10.2020).
2. Казаков А.Л., Лемперт А.А., Нгуен Гуй Лиём Оптимизация системы коммуникаций с учетом региональных особенностей: математическая модель и численный метод // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 12 (95). С. 17-23.
3. Багов, М.А. Математическое моделирование и оптимизация трубопроводной сети Штейнера / М.А. Багов, В.Ч. Кудаев / Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2017. – № 1 (75). – С. 5-11.

4. Hwang F.K., Richards D.S., Winter P. The Steiner tree problem. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1992. 352 p.
5. Гордеев Э.Н., Тарасцов О.Г. Задача Штейнера. Обзор // Дискретная математика. 1993. Вып. 2. С. 3-28.
6. Иванов А.О., Тужилин А.А. Теория экстремальных сетей. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 424 с.
7. Родин А.В., Калач А.Ю., Акулов Е.А., Черепанов Е.А. Алгоритмы оптимального расположения гидрантов наружного противопожарного водоснабжения // Вестник Воронежского института ФСИН России, 2019. №4. С. 124 – 131.
8. Бондаренко Е.С., Гречаный С.А., Родин В.А. Численное моделирование задач оптимального размещения обслуживаемого объекта с использованием аналогов точек Ферма-Штейнера // Вестник ВИ МВД России, №2, 2017, с. 154-161.

Исследование режима работы дежурных караулов в подразделениях пожарной охраны

Власов Константин Сергеевич

кандидат технических наук

*ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России»*

Аннотация: В организации деятельности оперативных пожарных подразделений существуют исторически сложившиеся подходы к решению различных вопросов, в частности для определения периода времени проведения смены дежурных караулов. Применение новых математических методов и информационных технологий позволяет всесторонне рассмотреть целесообразность выбора времени смены, а также его влияние на другие аспекты деятельности пожарных подразделений. В статье описаны основные методические подходы к решению поставленной проблемы и способы их решения с применением средств программной среды R.

Ключевые слова: боеготовность, дежурный караул, программная среда R, время смены, оптимизация.

Распорядком дня дежурных караулов для большинства пожарных подразделений смена караулов производится в интервале с 7:00 до 8:30. Насколько оправдан выбор именно этого интервала? Возможно, удобнее это было бы производить в другое время? Например, в подразделениях Минобороны и ряде других ведомств смена суточного наряда производится в вечернее время.

В ходе исследований была предложена гипотеза, что оптимальным периодом времени для смены пожарных караулов будет являться интервал с минимальной рабочей нагрузкой. Для подтверждения или опровержения данной гипотезы использовалась статистическая информация из Федерального банка данных «Пожары» [1].

Для корректного определения математической модели были определены достаточно сходные периоды деятельности оперативных пожарных подразделений. В данном случае для идентификации периодов деятельности были использованы признаки функционального разделения труда (Рис. 1).



*Рис. 1. Схема функционального разделения труда
в деятельности оперативных подразделений пожарной охраны*

На схеме (Рис. 1) основная составляющая – действия, выполняемые непосредственно на месте пожара, с момента начала активных действий по тушению пожара до их окончания; вторая «подготовительная» - деятельность, направленная на поддержания состояния постоянной готовности к тушению пожара личного состава и технических средств пожарных подразделений; третья «логистическая» – действия по оперативной доставке личного состава пожарных подразделений, технических средств пожаротушения, пожарного оборудования и инструментов к месту пожара и после пожара обратно к месту постоянной дислокации [2].

В данном случае рассматривалась вторая составляющая, а именно караульная служба – организуемая в подразделениях пожарной охраны для обеспечения готовности личного состава, мобильных средств пожаротушения, пожарного оборудования и аварийно-спасательного инструмента, снаряжения, средств связи и огнетушащих веществ подразделений к действиям по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, профессиональной подготовки личного состава подразделений [3, ст.2].

Гипотетически оптимальным временем смены является период с наименьшей рабочей нагрузкой, когда подразделение находясь в относительно спокойной обстановке может передать заступающей смене технику и документацию.

В ходе исследования были рассмотрены более 2,3 млн. случаев пожаров за 2015 – 2019 годы и первое полугодие 2020 года. Для формирования репрезентативной выборки в первом приближении был рассмотрен показатель занятости подразделений (P_w) определяемый в минутах начиная с момента поступления вызова и до ликвидации пожара. Из выборки были удалены записи не соответствующие условию $P_w \leq 10$ мин (левая граница интервала). Выбор левой границы интервала был обусловлен следующими доводами: во-первых, с учетом времени на обработку вызова, следования к месту вызова и боевого развертывания маловероятно, что пожарное подразделение потушит пожар за время, менее 10 минут. По предварительной оценке в среднем $P_w \sim 30...60$ мин.

Правую границу интервала однозначно определить достаточно сложно. Продолжительность пожара может достигать до нескольких суток. Известен исторический случай, когда пожар тушили почти три года. Горение возникло 1 декабря 1963 года на газовом месторождении Урта-Булак в Узбекистане, где в результате аварии произошел выброс и возгорание природного газа. Горящий факел достигал высоты 70 метров, ежесуточно сгорало порядка 12 – 14 миллионов кубометров газа. Только через 1074 дня пожар удалось ликвидировать направленным подземным взрывом ядерного заряда [4].

Далее на диаграмме представлены распределения пожаров по показателю P_w .

На диаграмме (Рис. 2) частота показателя рассчитана по интервалам в 10 минут. На первый интервал [10,20) приходится порядка 24% случаев пожаров и далее по нисходящей. Можно утверждать, что показатель распределен по экспоненциальному закону, значения правого хвоста стремятся к нулю. Показатель P_w для более чем 50% пожаров не превышает 40 мин, а более 90% – 1 час 20 мин.

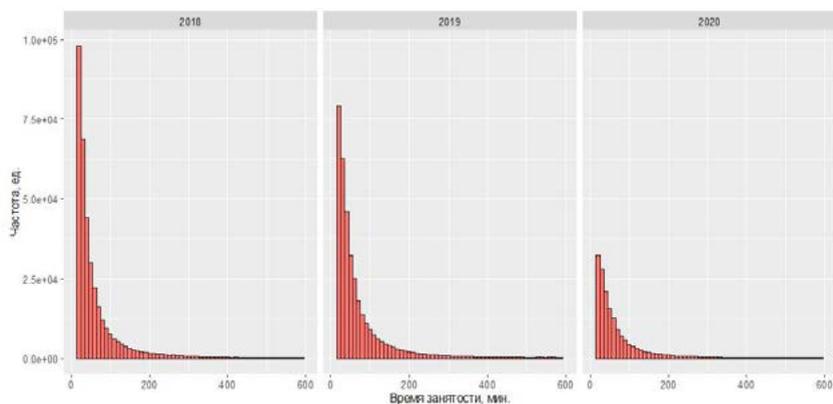


Рис. 2. Распределение пожаров, произошедших в Российской Федерации за 2018, 2019 год и первое полугодие 2020 года по показателю времени занятости

Предварительная оценка P_w показывает, что показатель характеризуется рядом особенностей. По модели диаграммы Ганта (Рис. 2) показателю P_w соответствует интервал времени $[T_2; T_7]$. Для каждого отдельно взятого пожарно-спасательного гарнизона в течение произвольного интервала времени возможны различные сочетания P_w , от полного отсутствия пожаров и до полной загруженности подразделений гарнизона на одном или нескольких одновременно происходящих пожарах.

В целом, анализ показателей времени связан со множеством трудностей, например: 1) необходимость использования смешанной системы счисления – для секунд, минут и часов применяется 60-ричная система счисления, для суток 12 или 24-ричная; 2) разные месяцы складываются из различного количества суток; 3) год может состоять из 365 или 366 суток; 4) наличие часовых поясов для географических регионов; 5) сезонное время (летнее и зимнее); 5) високосная секунда (англ. leap second) и т.д. В компьютерных расчетах для уменьшения влияния перечисленных факторов используется Unix-время, где время определяется в секундах от полуночи 1 января 1970 года. Но в конечном итоге результаты расчётов необходимо всё же представлять в формате удобном для человека.

В рамках проводимого анализа процесс, показанный на диаграмме (Рис. 3) рассматривается как одномерный временной ряд, представляющий собой последовательность значений переменной P_w , которой соответствуют показатели, регистрируемые через нерегулярные промежутки времени. При этом решались следующие задачи: 1) прогнозирование; 2) выявление структурных изменений и аномалий; 3) кластеризация.

В нашем случае одномерный временной ряд из наблюдений y_t , учтенных в моменты времени t , раскладывался на следующие составляющие, или компоненты:

- тренд (T_t) характеризующий долговременную тенденцию в данных;
- циклическая компонента (C_t) – долговременные циклические колебания;

- сезонная компонента (S_t) – кратковременные периодические изменения, обладающие фиксированной частотой;
- нерегулярная компонента (ε_t) – эффекты случайных факторов («шум»).

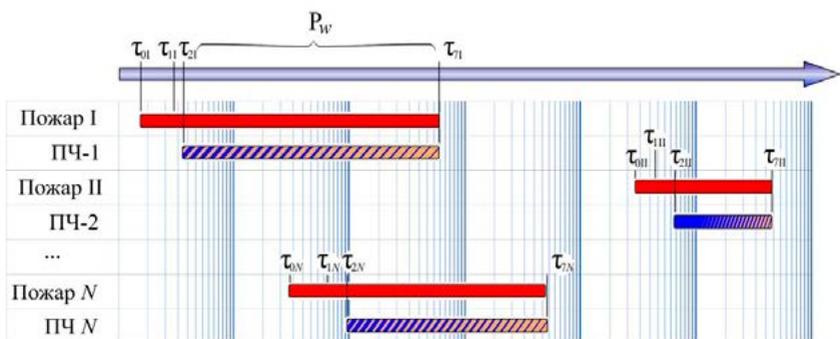


Рис. 3. Модель процессов развития пожара и деятельности пожарных подразделений.
 τ – показатель времени, где индексы: 0 – возникновение пожара, 1 – обнаружение, 2 – сообщение в пожарную охрану, 7 – ликвидация пожара; P_w – время занятости

Хотя функциональная связь между названными компонентами может принимать разнообразные формы, в рамках исследования рассматривались зависимости двух видов:

- аддитивная модель: $y_t = T_t + C_t + S_t + \varepsilon_t$
- мультипликативная модель: $y_t = T_t \times C_t \times S_t \times \varepsilon_t$.

В виду того, что длина временного ряда с 2015 по 2020 не позволяет достаточно надежно определить характеристики циклической компоненты (C_t), она была рассмотрена довольно поверхностно, возможно в последующих исследованиях это будет исправлено.

Аддитивная модель лучше применима для стационарных временных рядов, в которых среднее значение и дисперсия y_t относительно постоянны для всех t . Мультипликативная модель лучше подходит для описания нестационарных рядов, где имеет место выраженный тренд и увеличение дисперсии y_t во времени [5].

Математическая обработка показателей проводилась в программной среде R [6] с использованием инструментов пакета tsibble [7]. Выбор tsibble обусловлен необходимостью обрабатывать данные, которые характеризуются нерегулярной регистрацией наблюдений во времени, наличием нескольких переменных разных типов, нескольких группирующих переменных и т.п.

Далее приводится диаграмма суммарных суточных показателей P_w по произвольно выбранным регионам Российской Федерации за 2019 год.

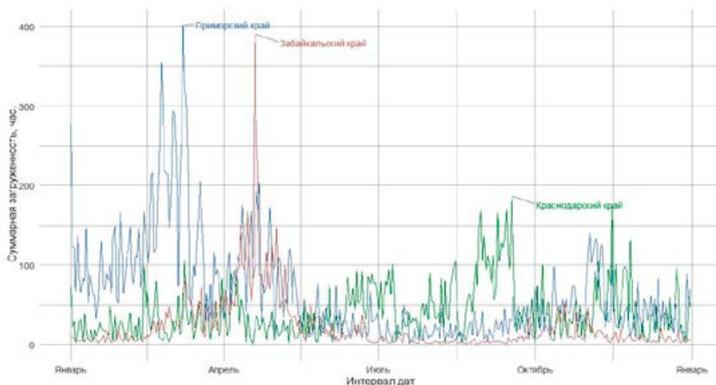


Рис. 4. Суммарная суточная занятость пожарно-спасательных подразделений Забайкальского, Краснодарского и Приморского краев

На диаграмме (рис. 4) представлены сведения за 365 суток по трем регионам, то есть более 1000 точек. Визуально достаточно трудно определить складывающиеся тенденции, поэтому целесообразно применять сглаживание кривых. Хотя при этом возможно снижение детализации представляемых данных. На следующей диаграмме (рис. 5) приведены показатели занятости по тем же регионам полученные с применением обобщенной аддитивной модели на основе кубических сплайнов.

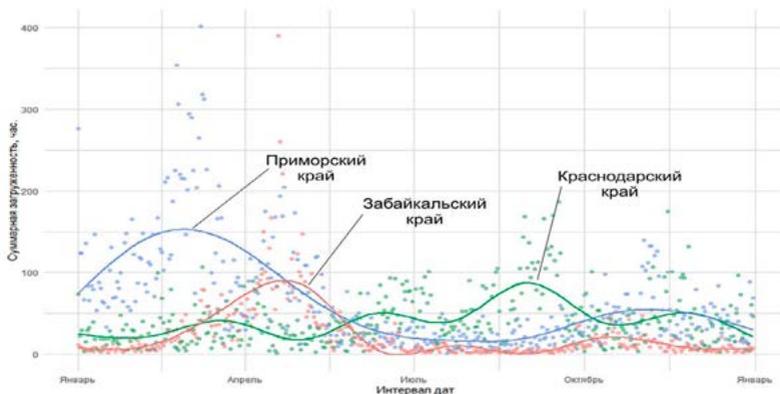


Рис. 5. Сглаженные показатели суммарной суточной занятости пожарно-спасательных подразделений Забайкальского, Краснодарского и Приморского краев

В Забайкальском и Приморском краях в весенний период P_w может достигать до 400 часов за сутки. Если более детально рассмотреть, как формируется P_w в отдельно взятом регионе за сутки, на основе обобщенной диаграммы Ганта, то получается следующее.

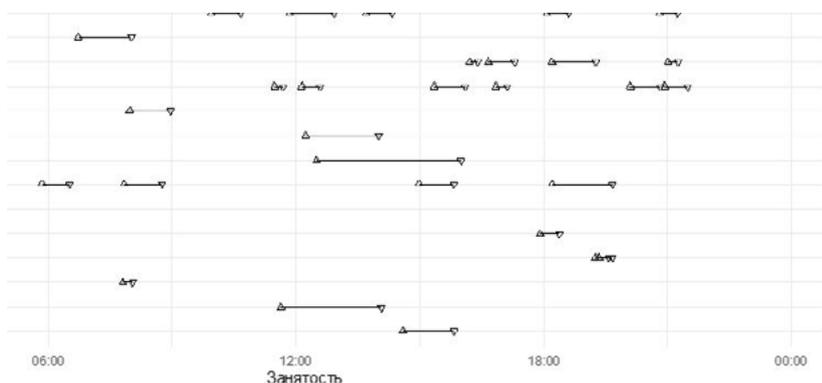


Рис. 6. Занятость пожарно-спасательных подразделений Забайкальского края за сутки 15 апреля 2020 года. Границы интервала: ▲ – начало; ▼ – конец

В сельской местности Забайкальского края за сутки 15 апреля 2020 года не было зарегистрировано одновременных пожаров. В краевом центре в течение суток ситуация была сложнее – практически по всему городу происходили пожары. В Железнодорожном районе произошло пять пожаров, первый начался в 2:20 и был потушен 17:56. Одновременно с 12:43 до 15:03 в районе был еще один пожар. И далее ближе к полуночи в районе произошло еще три пожара.

Особенностью событий представленных на диаграмме (Рис. 6) является то, что для всех случаев начало и окончание пожара находятся в пределах одних календарных суток 15 апреля 2020 года, нет ни одного случая продления времени действия пожара на следующие, такое явление случается не так уж часто. При проведении расчетов P_w наличие переходящих пожаров потребовало применение некоторых дополнительных условий, в частности использование модифицированной диаграммы Ганта (Рис. 7).

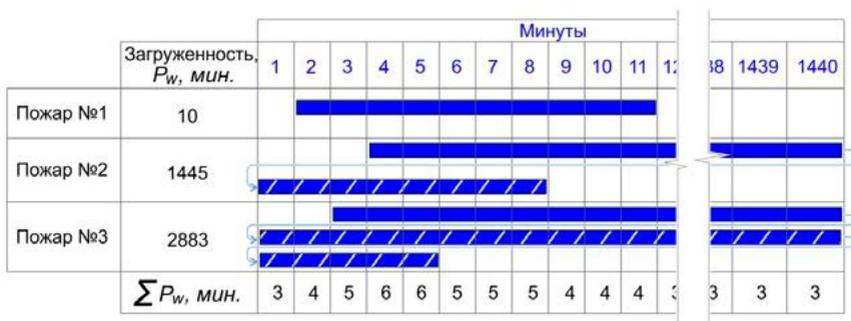


Рис. 7. Модифицированная диаграмма Ганта – загруженность (P_w) пожарно-спасательных подразделений

Сведения о времени возникновения и продолжительности пожаров по всей рассматриваемой совокупности (Рис. 7) представлены в виде матрицы M размерами $1440 \times N$, где 1440 – продолжительность суток в минутах, N – общее количество пожаров. Каждый пожар представлен строкой-вектором вида $(a_1, \dots, a_p, \dots, a_{1440})$. Например, Пожар № 1 (Рис. 7) записывается вектором $M_1 = (0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, \dots, 0)$, состоящим из 10 единиц и 1430 нулей. Положение совокупности единиц определяется значением времени начала и продолжительностью пожара. В данном случае Пожар № 1 начался на второй минуте, а закончился через десять минут на одиннадцатой.

Несколько сложнее обстоит с так называемыми «переходящими» пожарами, то есть такими начало и окончание которых приходятся на разные сутки, на рис. 7 это № 2 и № 3. На первоначальном этапе исследований, значения интервалов превышающие, 1440 просто отбрасывались, что приводило к значительным ошибкам. В дальнейшем переходящие пожары представлялись в виде матрицы с несколькими строками. Например, для пожара № 2, начавшегося на 4 минуте первых суток и закончившегося на 8 следующих, матрица M_2 имеет размеры 1440×2 . Далее M_2 путем суммирования столбцов приводится к вектору. Пожар № 3 продолжался более двух суток (2883 минуты \sim 48 часов), начавшись на 3 минуте первых суток и закончившись на третьей сутки на 5 минуте. Соответственно матрица M_3 имеет размер 1440×3 . Для получения окончательного результата вычисляется сумма. На диаграмме (Рис. 8) представлены результаты вычисления P_w по Российской Федерации за период с 2018 по 2019 год.

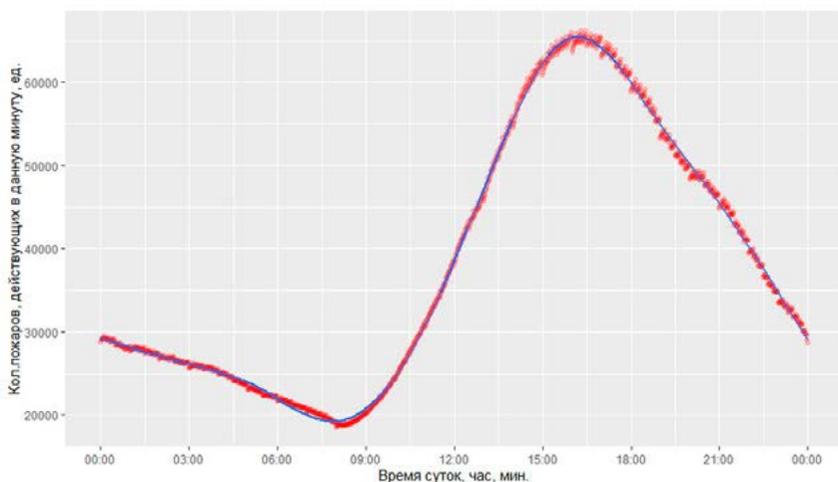


Рис. 8. Общее количество действующих пожаров в Российской Федерации за 2018 и 2019 годы с распределением по минутам суток

Как видно на диаграмме (Рис. 8) наибольшая загруженность боевой работой для пожарно-спасательных подразделений Российской Федерации приходится на период приблизительно с 15 до 18 часов. Наименьший уровень загруженности по итогам исследований определен на период времени с 7 до 9 часов. В результате проведенных исследований подтверждены исторически сложившиеся предпочтения в выборе периода времени для проведения смены дежурства караулов в пожарно-спасательных подразделениях.

Использование современных перспективных средств обработки информации в научных исследованиях, в данном случае программной среды R, позволяет по новому взглянуть на устоявшиеся приемы и методы организации рабочего процесса. Результаты дифференцированного изучения статистических характеристик различных интервалов служебной деятельности (суток, месяцев, сезонов и т.п.) отдельных гарнизонов и подразделений с учетом степени влияния внешних и внутренних факторов в перспективе создает предпосылки для проведения оптимизации и модернизации организацию деятельности, как отдельных подразделений, так и гарнизонов и службы в целом. Применение более точных расчетных методов позволяет определять достаточно достоверные параметры для установления баланса между мероприятиями, планируемыми индивидуально для отдельных подразделений и общими для гарнизона или всей противопожарной службы в целом.

Список использованных источников

1. Федеральный банк данных «Пожары» [Официальный сайт]: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/informacionnye-sistemy/federalnyy-bank-dannyh-pozhary>.
2. Власов К.С., Цариченко С.Г. Математическая модель организации управления роботизированными пожарными подразделениями при тушении крупных пожаров / Научный журнал «Технологии техносферной безопасности» 2015 № 2 (60), 9 с.
3. Приказ МЧС России от 20 октября 2017 г. № 452 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны»
4. Андрей Осадчий. Удар из-под земли // «Наука и жизнь»: журнал. – 2010. – Вып. № 7. – ISSN 0028-1263.
5. Flouris, Triant G.; Lock, Dennis (2012). Managing Aviation Projects from Concept to Completion. Ashgate Publishing Limited. ISBN 978-1-4094-8613-8.
6. R – язык программирования [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
7. Сайт технической поддержки tsibble [Электронный ресурс]: <https://tsibble.tidyverts.org/index.html>.

Риск-ориентированная система управления подготовкой специалистов в образовательных организациях высшего образования МЧС России

Лупанова Александра Валерьевна¹

Калач Елена Васильевна²

кандидат педагогических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России

²ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России

Постоянные изменения в системе высшего образования (ВО) в течение последнего десятилетия привели к практически «неизлечимым» последствиям как для рынка труда, так и для общего уровня образования в стране. Современная ситуация ставит перед руководством образовательных организаций (ОО) разнонаправленные задачи, требующие компромиссных управленческих решений. С одной стороны, ОО необходимо обеспечить увеличение прибыли от оказываемых образовательных услуг, с другой – обеспечить высокий уровень этих услуг и удовлетворенность качеством подготовки как самих обучающихся, так и их работодателей. Ситуация усложняется в ведомственных ОО ВО в связи с целевым влиянием профильного министерства.

В связи с этим существует необходимость оперативного и эффективного управления подготовкой специалистов в ОО ВО в условиях перманентного реформирования. Об этом свидетельствуют следующие факторы:

1. В настоящее время происходит активная реализация мероприятий по внедрению стандартов и рекомендаций Европейской ассоциации гарантии качества высшего образования применительно к ОО ВО России, в том числе развитие системы независимой оценки квалификаций. В связи с этим основной упор при внешней оценке качества образовательной деятельности вузов делается на результаты подготовки - полученные обучающимися компетенции и их соответствие постоянно изменяющимся требованиям;
2. На протяжении долгого времени в стране проводится реформа контрольно-надзорной деятельности, направленная на внедрение риск-ориентированных аудитов, которая затрагивает деятельность многих силовых организаций, в том числе и МЧС России. Таким образом, образовательным организациям необходимо разрабатывать собственные приемы использования риск-ориентированного управления и контроля;
3. Процесс подготовки специалистов является длительным, тогда как требования работодателей изменяются ежегодно; в таких условиях необходимо создание такой системы управления подготовкой специалистов (СУПС), которая будет реагировать на изменения влияющих факторов с дальнейшей постановкой

задач подготовки на всех уровнях и с различными критериями оценки их выполнения, а также позволит определять приоритеты образовательной деятельности ОО, которая должна позволить выпускникам адаптироваться к новым условиям на основе полученных знаний.

В связи с вышесказанным управление подготовкой специалистов напрямую связано с систематическим анализом контекста ОО (внешних и внутренних факторов, влияющих на качество подготовки будущих специалистов), и принятием управленческих решений на его основе. Именно поэтому в настоящее время наблюдается переход от классического управления ОО ВО к применению риск-ориентированных систем управления подготовкой будущих специалистов.

Вопросам управления подготовкой квалифицированных кадров и ее аспектам посвящены исследования О. В. Войтенко, Е. В. Гольцовой, А. С. Кузнецова, М. С. Логачева, А.-Г. В. М. Нассер, А. А. Сиделева, Д. А. Стайна, Ю. Г. Татура, О. В. Ширяева и других. Теория и практика управления рисками раскрываются в работах Т. С. Ильиной, Т. П. Костюковой, И. А. Лысенко, А. Л. Пастухова и других.

Несмотря на научную значимость и широкий спектр проблем, рассматриваемых указанными авторами, необходимо отметить, что в работах не учитывались необходимость обеспечения целостности системы и специфика подготовки обучающихся в ОО ВО МЧС России.

Анализ работ также показал, что в них исследуются в основном понятийные аспекты управления рисками и классификация рисков, рассматриваются общие принципы и методы управления рисками; однако, недостаточно изучен и проработан вопрос применения риск-ориентированного подхода в управлении подготовкой специалистов профильного министерства.

Целью исследования является совершенствование системы управления подготовкой специалистов в ОО ВО МЧС России на основе применения риск-ориентированного подхода.

Для достижения поставленной цели проведён анализ систем управления ОО ВО, а также рассмотрены основные подходы к управлению рисками в образовательных организациях России.

Обозначена сложность ситуации, складывающейся вокруг системы высшего образования в России в современных условиях, что подтверждает необходимость изменения СУПС, способной в короткие сроки адаптироваться под постоянные изменения требований со стороны всех участников образовательной деятельности.

СУПС в ОО ВО рассмотрены с позиций управления как непосредственно образовательным процессом в вузе, так и коллективом ОО. Приведен обзор следующих основных систем управления в ОО ВО: стандартной организационной структуры вуза с разделением функций управления и полномочиями на принятие решений по соответствующим уровням (ступеням), матричные модели управления (линейная и программно-целевая), процессная и процессно-системная модели, различные электронные информационные системы для управления конкретными этапами подготовки специалистов или их совокупностью; показаны недостатки перечисленных систем и возможные пути их совершенствования.

Показана необходимость подготовки будущих сотрудников профильного министерства непосредственно в ОО ВО МЧС России. Выявлены особенности подготовки будущих специалистов в ОО силового профиля по сравнению с аналогичными специальностями (направлениями подготовки) в «гражданских» вузах.

Приведены основные сведения по риск-менеджменту на основе применения современных международных стандартов; даны определение и классификация рисков. Обобщен материал по вопросам управления рисками применительно к образовательной деятельности. Показана целесообразность применения риск-ориентированного подхода к управлению подготовкой специалистов МЧС России.

Проанализированы документы, содержащие основные положения по вопросам повышения качества образования в целом и подготовки кадров для МЧС России в частности. Обозначены основные пути совершенствования СУПС в ОО ВО МЧС России.

В настоящее время каждая ОО самостоятельно определяет факторы, влияющие на качество подготовки специалистов. Однако, рекомендации по учету и оценке таких факторов плохо формализованы, отсутствуют стандартизированные процедуры принятия управленческих решений, а планирование деятельности осуществляется ответственными лицами без учета рисков, существующих на всех этапах подготовки будущих специалистов. В связи с отсутствием единого теоретического подхода к оценке и управлению рисками в ОО ВО и методик по практическому применению методов управления рисками в деятельности ОО ВО МЧС России определена цель и поставлены задачи исследования.

Были определены заинтересованные стороны и дано описание факторов внешней и внутренней среды ОО ВО МЧС России, влияющих на деятельность вуза:

1. Заинтересованные стороны разделены на внешние и внутренние. Ко внешним заинтересованным сторонам, помимо непосредственного учредителя и основного работодателя – МЧС России, отнесены: контролирующие органы (в том числе СПК ЧС), потребители образовательных услуг (непосредственно обучающиеся: курсанты, студенты, слушатели, а также их родители, будущие работодатели и общество в целом), конкуренты ОО – другие государственные и негосударственные ОО ВО, а также ведомственные ОО МЧС России, инвесторы (при наличии). Ко внутренним заинтересованным сторонам отнесены руководство ОО и ее структурных подразделений, а также сотрудники (работники) организации.
2. Внешними влияющими факторами определены: государственное управление (нормативно-правовая база РФ, государственный контроль и надзор), экономическое положение РФ (объем финансирования, инфляция, занятость населения, платежеспособность потребителей образовательных услуг и др.), научно-технический прогресс (в сфере деятельности), конкурентная среда, рынок труда и потребители образовательных услуг, политическое положение РФ (стабильность в обществе, лоббирование интересов, развитие экспорта образования и др.), социокультурное положение РФ (преобладающие в обществе жизненные ценности и традиции, демография, психология потребителей) и другие влияющие внешние факторы (климатические, экологические, вовлеченность в

ликвидацию ЧС различной природы и масштаба, обеспечение энерго- и другими ресурсами, география расположения).

3. Внутренними факторами являются: административно-организационные, персонал ОО (квалификация, компетентность, исполнительская дисциплина, психофизиологические показатели), информационные и учебно-методические ресурсы, материально-техническое обеспечение, финансирование ОО, маркетинг и другие внутренние влияющие факторы.

Контекст ОО ВО МЧС России приведена на рис. 1.

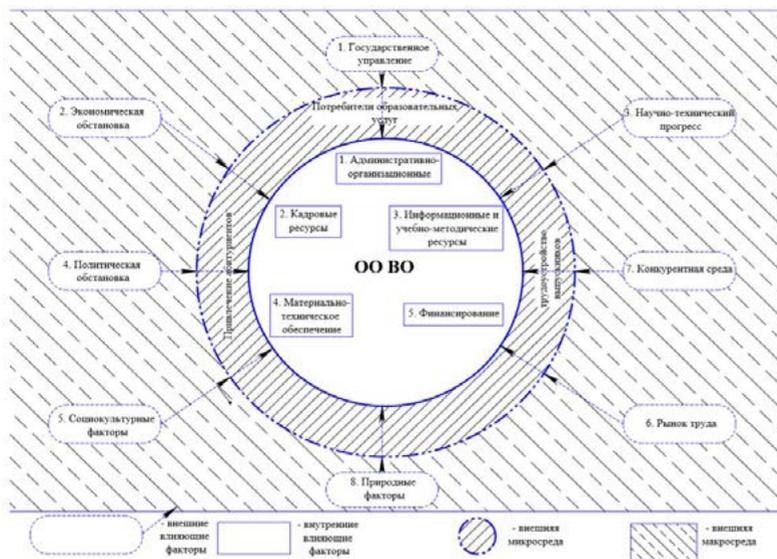


Рис. 1. Среда ОО ВО МЧС России

Обязательным элементом любой системы управления является оценка качества ее функционирования. Поскольку основной целью каждой ОО ВО является обеспечение качества подготовки ее выпускников, то результат вносимых изменений в СУПС предлагаем оценивать через призму оценки качества подготовки специалистов.

По результатам проведенного исследования разработана методика управления рисками в ОО ВО МЧС России. В процессе управления рисками участвуют руководители основных процессов ОО (заместители начальника ОО по направлениям деятельности), руководители структурных подразделений, участвующих в реализации основных процессов ОО, а также иные сотрудники (работники) из числа наиболее опытных и компетентных в вопросах подготовки специалистов; возможно привлечение в группу одного «новичка» - дилетанта с целью расширения взглядов на рассматриваемую область, а также для вовлечения и мотивации персонала и принятия взвешенных решений.

Процесс управления рисками включает в себя следующие этапы:

1. Идентификация рисков. Проводится с целью определения по возможности более полного перечня факторов, которые могут помешать достижению запланированных результатов.

Описание риска состоит из следующих элементов: причины возникновения риска (может быть несколько), возможные последствия. Для нахождения истинной причины проявления риска целесообразно пользоваться правилом «пяти почему».

Идентификация охватывает, по возможности, все существующие риски.

2. Анализ рисков. Включает в себя следующие этапы:
 - оценка вероятности реализации идентифицированного риска (уровень вероятности реализации риска);
 - оценка значимости последствий риска (уровень последствий риска);
 - определение уровня риска;
 - оценка результативности существующих методов управления риском.

Количественное определение уровня риска представляет собой довольно сложную задачу, связанную с необходимостью сбора значительных объемов статистически достоверных исходных данных и (или) применения сложных процедур теоретико-вероятностного расчета для редких событий. С целью экономии материальных и временных ресурсов для идентификации, анализа и оценки рисков привлечен известный квалиметрический метод - экспертных оценок, опирающийся именно на профессиональные знания и опыт экспертов – наиболее опытных и компетентных сотрудников и работников ОО.

Необходимо отметить, что внедрение риск-менеджмента не потребовало дополнительных финансовых и материальных затрат, реализация процесса управления рисками осуществлялась штатными сотрудниками (работниками) ОО, обучение проводилось силами разработчиков описанной выше методики.

Предлагаемый подход применим не только к ОО ВО МЧС России; он может быть адаптирован и использован в ОО различной подведомственности и «уровня образования».

Разработка трёхмерного образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики

*Николаев Глеб Александрович
Ревуцкий Кирилл Андреевич
Демьянов Геннадий Геннадьевич
Сафронов Виктор Андреевич
Сендин Эртине Валерьевич*

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье описаны этапы разработки нового образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики на основе трёхмерных схем тушения пожаров, включающих взаимосвязанные детализированные модели пожарных автомобилей, элементов насосно-рукавных систем, пожарно-технического вооружения, жилых и производственных объектов.

Ключевые слова: трёхмерное моделирование, пожарная тактика, насосно-рукавная система, виртуальная реальность.

В системе подготовки специалистов МЧС России в настоящее время внедрены и функционируют разнообразные интерактивные образовательные комплексы, многофункциональные компьютерные системы, обучающие тренажёры и симуляторы.

Тренажёры-симуляторы типа «Противоаварийное вождение», «Теплодымокамера», «Автолестница пожарная», «Пожарный насос», «Беспилотная авиационная система», «Маломерное судно» получили наиболее широкое распространение и активно применяются на практических занятиях в высших учебных заведениях МЧС России. Имеют понятный хороший образовательный эффект и на современном этапе являются неотъемлемой частью обучения в системе подготовки специалистов МЧС России.

В значительно меньшей степени распространены сейчас образовательные комплексы на основе применения технологий трёхмерного моделирования, виртуальной и дополненной реальности. Это обусловлено потенциальной дороговизной оборудования, высокими требованиями к производительности компьютерной техники и отсутствием реального практического опыта внедрения и использования подобных образовательных комплексов в системе подготовки специалистов МЧС России.

Для руководства учебных заведений и специалистов системы образования остаётся открытым вопрос эффективности и целесообразности использования дорогостоящих образовательных комплексов, определения конкретной области и результатов их применения. Исходя из этого существуют различные мнения на этот счёт.

Одним из направлений, по которому в предшествующие годы удалось на практике внедрить в образовательный процесс технологии виртуальной реальности, является пример использования обучающимися на занятиях VR-очков для изучения высококачественных детализированных фотографий «360 градусов», полученных с использованием специальной камеры на местах реальных пожаров и объединённых в общий экскурсионный сценарий.

Используя этот базовый принцип в 2018 году на базе ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России был запущен первый учебно-лабораторный комплекс «Криминалистический полигон пожарных экспертиз» (автор – преподаватель кафедры инженерно-технических экспертиз и криминалистики А.Н. Слепов) (рис. 1).



Рис. 1. Учебно-лабораторный комплекс «Криминалистический полигон пожарных экспертиз» на базе ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Результаты проведённого в дальнейшем исследования эффективности подготовки обучающихся в области расследования пожаров с использованием технологий виртуальной реальности показали, что формирование специализированных знаний, умений и навыков по дисциплине «Расследование пожаров» оказалось более глубоким и качественным по сравнению с применением классических методов обучения [1].

В ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России развивается современное направление по внедрению технологий дополненной реальности для создания интерактивных информационных систем, применяющихся в практической деятельности пожарно-спасательных подразделений, а также издания интерактивных учебных пособий [2; 3; 4].

Таким образом, уже существуют интересные перспективные проекты, но, в целом, отмечается, что направление является развивающимся на начальной стадии. В условиях необходимости обоснования использования технологий трёхмерного моделирования и виртуальной реальности. В процессе поиска оптимальных вариантов применения высоких современных технологий для решения комплексной задачи повышения качества образования в системе МЧС России.

Целью разработки нового образовательного комплекса является дальнейшее совершенствование системы подготовки специалистов в области пожарной тактики путём внедрения трёхмерных технологий в процесс обучения на практических, лабораторных и интерактивных занятиях.

Предполагаемым результатом внедрения нового образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики с применением технологий трёхмерного моделирования является качественное освоение профессиональных компетенций (ПК) в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом [5].

Внедрение трёхмерных технологий в процесс обучения позволяет создавать и развивать виртуальную интерактивную образовательную среду, максимально приближенную к реальной обстановке, что позволяет адаптировать обучающегося к действиям в условиях необходимости принятия срочных оперативных действий и реализовать комплексные образовательные сценарии, направленные на отработку профессиональных навыков оценки параметров тушения для принятия правильных управленческих решений на пожаре за минимальное время.

При тушении крупных пожаров подразделениями противопожарной службы реализуются сложные насосно-рукавные системы, при этом правильный оперативный расчёт необходимых гидравлических характеристик при подаче огнетушащих веществ зависит от значительного количества факторов, условий и ограничений.

Расчёты производительности стволов, максимального расстояния подачи огнетушащих веществ, потери напора в напорном пожарном рукаве, напора на насосе для простых насосно-рукавных систем может производиться условно-приближённым методом, выработанным годами практики тушения пожаров. Если же требуется более точный расчёт необходимо обращаться к более точному тактико-техническому методу, с учётом гидравлических характеристик.

Для расчётов потери напора в рукавной линии, требуемого напора на насосе, максимального расстояния подачи огнетушащих веществ используются справочные данные по гидравлическим сопротивлениям пожарных рукавов и учитываются расходы из приборов подачи огнетушащих веществ.

Тактико-технический способ имеет ряд упрощений:

- предполагается, что напор на приборах подачи огнетушащих веществ является постоянной величиной и не зависит от параметров насосно-рукавной системы;
- не учитывается взаимное влияние различных элементов в сложных насосно-рукавных системах;
- для упрощения расчётов потери напора в рабочих рукавных линиях, проложенных после разветвлений, безусловно принимаются равными 10 м.

Кроме того, тактико-технический метод не даёт ответа на вопрос, какой будет расход из приборов подачи огнетушащих веществ в зависимости от напора на насосе мобильного средства пожаротушения [6].

Поэтому для более точного расчёта насосно-рукавных систем существует гидравлический метод. Этот метод лишён перечисленных недостатков, однако, он является специализированным и поэтому сложен для применения. При этом его сложность тем выше, чем больше элементов включает в себя исследуемая насосно-рукавная система. Расчёт параметров сложных насосно-рукавных систем зачастую настолько трудоёмок, что возможен только с применением ЭВМ. В системе МЧС России для этого активно применяется созданная на платформе MS Visio автоматизированная информационно-графическая система АИГС ГраФИС-Тактик, автором которой является О.С. Малютин – сотрудник научно-технического центра ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

Виды насосно-рукавных систем, выполненных в АИГС ГраФИС-Тактик, приведены на рис. 2.

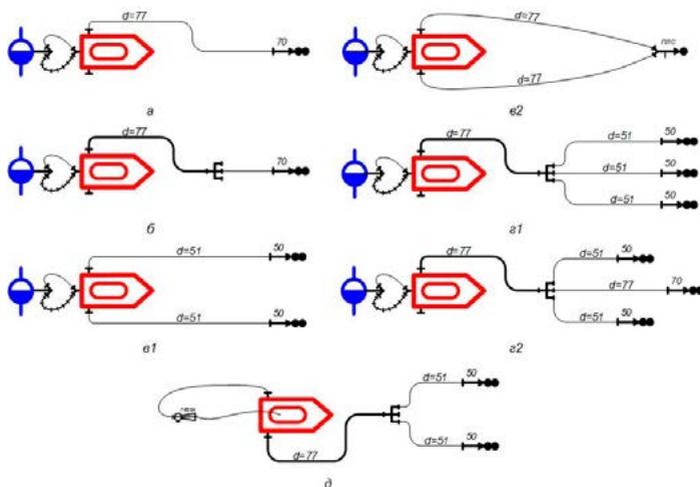


Рис. 2. Виды насосно-рукавных систем,

где *a* – последовательное (простое) соединение, *б* – последовательное соединение через рукавное разветвление, *в₁* – параллельное соединение к нескольким приборам подачи ОТВ, *в₂* – параллельное соединение к одному прибору подачи ОТВ, *г₁* – смешанное соединение с равноценными рабочими линиями, *г₂* – смешанное соединение с различными рабочими линиями, *д* – НРС на основе гидроэлеваторной схемы забора воды

АИГС ГраФИС-Тактик является редактором пожарных тактико-технических схем, представляющим набор элементов MS Visio с хранящимися в них фигурами. Элементы АИГС ГраФИС-Тактик представляют собой визуализированные элементы оперативно-тактической информации на месте пожара, основанной на условных обозначениях, принятых в пожарно-спасательных подразделениях [7] (рис. 3).

Интерактивные функции и интегрированная база данных оперативно-тактической справочной информации позволяет оперативно производить в АИГС ГраФИС-Тактик гидравлический расчёт насосно-рукавных систем.

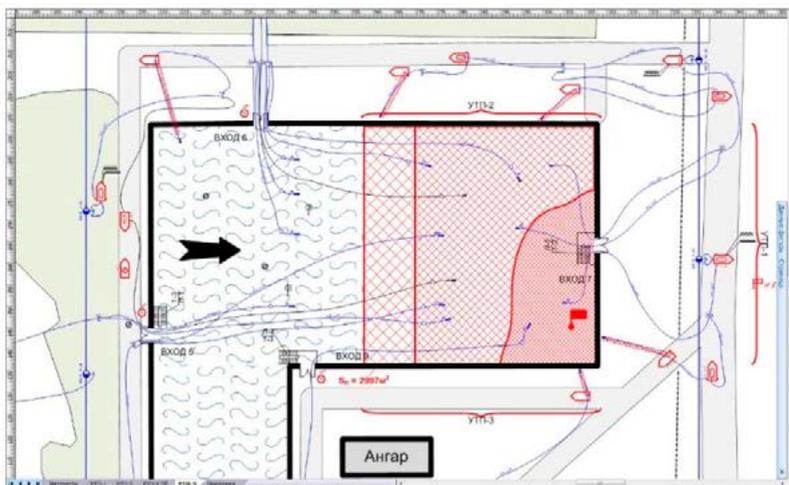


Рис. 3. Схема расстановки сил и средств при тушении пожара в библиотеке ИНИОН (30 января 2015 года, г. Москва) в АИГС ГраФИС-Тактик

Все насосно-рукавные системы состоят из набора стандартных элементов, трёхмерное моделирование которых для образовательного комплекса осуществляется в строгом соответствии с базой данных АИГС ГраФИС-Тактик (рис. 4).



Рис. 4. Элементы (фигуры) в базе данных АИГС ГраФИС-Тактик

Пример трёхмерной модели автоцистерны на основании соответствующего элемента АИГС ГраФИС-Тактик представлен на рис. 5. Трёхмерное моделирование АЦ-1,6-10 на базе шасси ГАЗ 66 выполнено в программной среде моделирования SketchUp в масштабе на основе реальных конструктивных размеров.

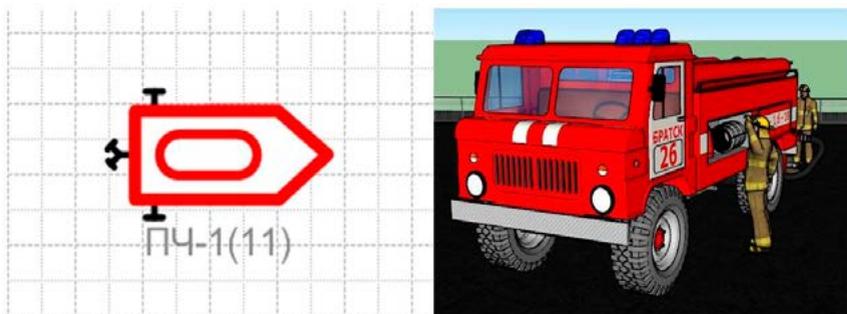


Рис. 5. Пример трёхмерного моделирования автоцистерны

Моделирование используемого пожарно-технического вооружения производится поэлементно на основании известных размеров с доступной на данном этапе разработки степенью детализации (рис. 6).

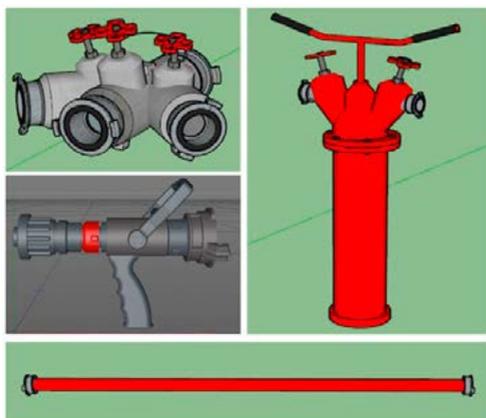


Рис. 6. Примеры трёхмерных моделей трёхходового разветвления, пожарного ствола СРП-50, пожарной колонки, рукавной линии

Разработанные модели пожарных автомобилей, элементов насосно-рукавных систем и пожарно-технического вооружения используются для моделирования схем тушения пожаров в виде различных по сложности трёхмерных сцен, которые являются основой образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики.

Проект образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики с применением трёхмерных технологий разработан в соответствии с представленной структурой (рис. 7).



Рис. 7. Структура реализации проекта образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики с применением технологий трёхмерного моделирования

Для моделирования могут применяться разнообразные программные продукты в зависимости от конкретных задач и требований к степени детализации элементов, созданию фотореалистичной обстановки или точному техническому соответствию исполнения конструктивных и соединительных деталей, а также с учётом наличия рабочих методов импортирования отдельных моделей в единую среду разработки для создания законченной трёхмерной сцены образовательного комплекса.

Рассмотрим пример разработки трёхмерной сцены образовательного комплекса. На рис. 8 представлена схема тушения пожара на объекте, составленная в АИГС ГраФИС-Тактик, которая состоит из следующих элементов (фигур): гидрант, автоцистерна, рукавные линии, трёхходовое разветвление, пожарный ствол и объект тушения.

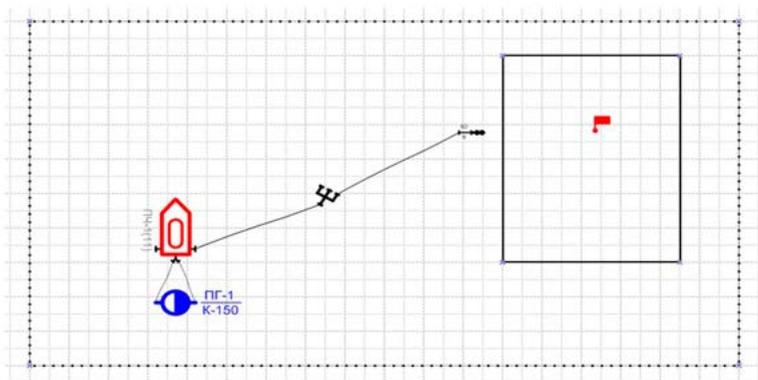


Рис. 8. Схема тушения пожара на объекте, составленная в АИГС ГраФИС-Тактик

Созданные трёхмерные модели всех составляющих элементов в рассматриваемой насосно-рукавной системе расставляются на общей сцене, которая привязана к масштабу или картографической основе. Трёхмерная сцена, реализованная в SketchUp, визуализирует процесс забора воды для тушения из пожарного гидранта для дальнейшей подачи ствола «Б» на очаг возгорания с использованием автоцистерны типа АЦ-1,6-10 на базе ГАЗ 66, что соответствует реализуемой по условиям насосно-рукавной системе (рис. 9).



Рис. 9. Трёхмерная сцена образовательного комплекса

Для повышения реалистичности в сцену могут быть импортированы дополнительные элементы окружающей обстановки, ландшафта, дизайна или интерьера, в качестве которых вполне могут выступать уже готовые трёхмерные модели достаточно хорошего качества из Интернета. Напротив, лишь немногочисленные специализированные элементы для создания полноценных трёхмерных схем тушения пожаров могут заимствоваться из открытых источников. В основном используемые специализированные объекты моделируются разработчиком самостоятельно.

Создаваемая электронная база трёхмерных моделей пожарных автомобилей, насосно-рукавных систем, пожарно-технического вооружения формируется на основе перечня и классификации элементов (фигур) АИГС ГраФИС-Тактик, соответствующих Боевому уставу подразделений пожарной охраны. Создание трёхмерных объектов зданий и сооружений, на которых ликвидируется пожар, производится целенаправленно на основании сценария, выданного индивидуального задания, требований к детализации, фотореалистичности и представляет собой отдельный вид моделирования архитектурной направленности.

Известно, что в МЧС России уже существует широкая база трёхмерных моделей реальных потенциально-опасных объектов и объектов с массовым пребыванием людей на территориях субъектов Российской Федерации, которая разрабатывается с 2009 года в ЦУКС главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации на основании методических рекомендаций МЧС России по созданию трёхмерных геоизображений (моделей) территорий и объектов жизнеобеспечения, потенциально-опасных, критически важных для национальной безопасности (рис. 10) [8; 9].



Рис. 10. Пример трёхмерной модели объекта с массовым пребыванием людей

Для моделирования подобных объектов совместно применяются программные средства 3Ds Max и ArchiCAD. Разработанная электронная база трёхмерных моделей, сформированная в МЧС России, состоит из тысяч реальных объектов. По рисунку видно, что эти модели объектов отражают только основные объёмно-планировочные решения зданий и сооружений и не имеют более высокую детализацию, смоделированную вплоть до внутреннего наполнения помещений имуществом, мебелью и техникой.

При разработке детализированных сценариев образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики выполняется моделирование внутреннего содержания объектов. Возможности ArchiCAD позволяют использовать стандартные модели элементов интерьера (рис. 11).

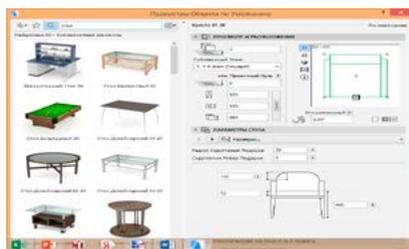


Рис. 11. Примеры объектов в проектах ArchiCAD

Одним из направлений развития проекта является создание специализированных библиотек для ArchiCAD типа «Водоснабжение», «Линии насосно-рукавных систем», «Пожарная техника», «Пожарно-техническое вооружение» и прочих в соответствии с базами АИГС ГраФИС-Тактик.

Далее рассмотрим особенности этапа импортирования созданной трёхмерной сцены в единую среду разработки, которая в рассматриваемом примере выполнена с использованием программного продукта Unreal Engine 4. Для этого созданная трёхмерная сцена стандартными функциями сначала экспортируется из SketchUp в формате «.fbx» или «.obj» (рис. 12).

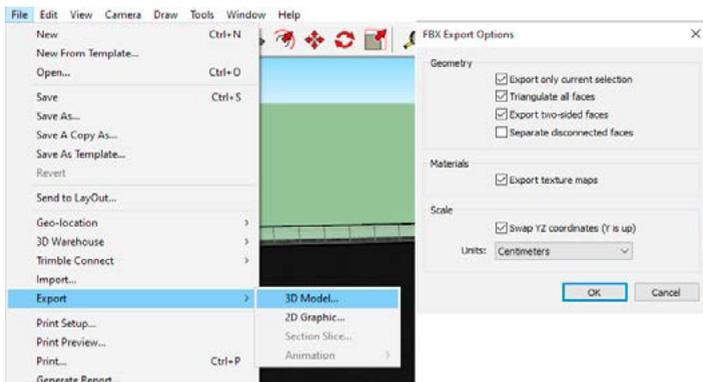


Рис. 12. Экспорт трёхмерной сцены в подходящем формате

Unreal Engine 4 импортирует трёхмерную сцену в данном формате с применением специальных настроек (рис. 13).

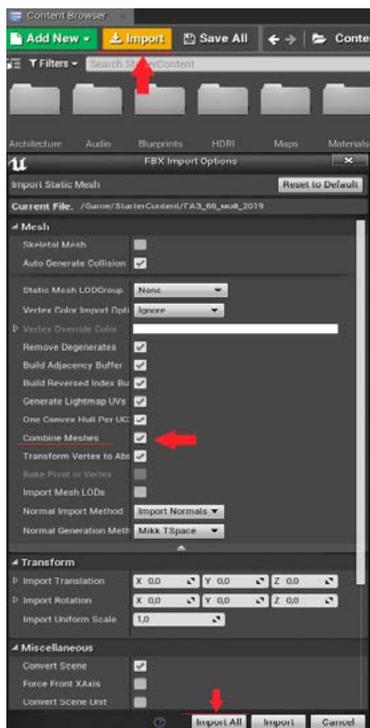


Рис. 13. Импорт 3D сцены (модели) в Unreal Engine 4

В представленной концепции образовательного комплекса Unreal Engine 4 используется в качестве классического игрового движка, на базе которого создаётся программная среда, импортируются имеющиеся трёхмерные модели и сцены для формирования условий наиболее реалистичного восприятия обучающимися моделируемой обстановки в режиме просмотра, физического взаимодействия или игрового пространства. В Unreal Engine 4 программирование осуществляется двумя способами: с применением языка программирования C++ (рис. 14) и системы визуального скриптинга Blueprints (рис. 15).

```

1 #include <iostream>
2 #include <iomanip>
3 using namespace std;
4 int main()
5 {
6     setlocale(LC_ALL, "rus");
7     int Array_1[3][3], Array_2[3][3], Array_svr[3][3]; //объявление двумерный
8     // массивов
9     //int n,b,m; //n,b - квадратичная матрица, m - значение элемента матрицы
10    //заполнение элементов матрицы A1
11    for (int i = 0; i < 3; i++)
12    {
13        for (int j = 0; j < 3; j++)
14        {
15            Array_1[j][i] = (j+1)*2;
16        }
17    }
18    //заполнение матрицы A2
19    for (int i = 0; i < 3; i++)
20    {
21        for (int j = 0; j < 3; j++)
22        {
23            cout << setw(4) << Array_1[j][i] << " ";
24        }
25        cout << endl;
26    }
27    cout << endl << endl << endl;
28    //заполнение элементов матрицы A2
29    for (int i = 0; i < 3; i++)
30    {
31        for (int j = 0; j < 3; j++)
32        {
33            Array_2[j][i] = (j+1)*2;
34        }
35    }
36    //заполнение матрицы A3
37    for (int i = 0; i < 3; i++)
38    {
39        for (int j = 0; j < 3; j++)
40        {
41            cout << setw(4) << Array_2[j][i] << " ";
42        }
43        cout << endl;
44    }
45    cout << endl << endl << endl;
46    //вывод итога программы

```

Рис. 14. Применение языка программирования C++

Игровой движок Unreal Engine 4 позволяет применять анимированные реалистичные эффекты огня, дыма, дождя, неба, освещения и подобное.

В качестве направлений дальнейшего развития проекта можно рассматривать возможность добавления специального костюма виртуальной реальности (шлем, очки и перчатки), который интегрируется в Unreal Engine 4 и позволяет реагировать на изменения положения тела обучающегося, все тактильные, температурные и вибрационные ощущения.

Blueprints – это система визуального скриптинга (рис. 15). Она включает способы быстрого создания компьютерных игр, где формирование кода для структуры и настроек сцены выполняется путём визуального управления функциональными и логическими узлами.

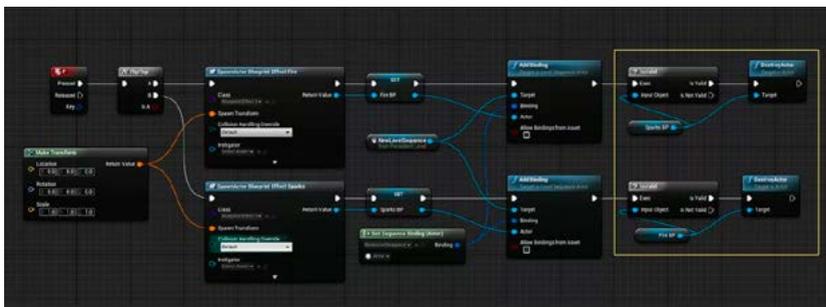


Рис. 15 – Применение системы визуального скриптинга Blueprints

Пример реализации трёхмерной основы образовательного сценария для изучения насосно-рукавной системы с последовательным соединением через рукавное разветвление представлен на рис. 16.



Рис. 16. Реализация образовательного сценария с использованием игрового движка Unreal Engine 4 на примере насосно-рукавной системы с последовательным соединением через рукавное разветвление

Созданный образовательный комплекс позволяет поместить обучающегося непосредственно внутрь смоделированной сцены с возможностью его свободного перемещения от первого лица, используя для навигации клавиатуру, компьютерную мышь или джойстик.

Представленный образовательный комплекс для совершенствования пожарной тактики на текущем этапе своего развития не реализует взаимодействие обучающегося с объектами сцены и использует только простые физические принципы перемещения, предоставляя возможность свободного полёта и приближения к изучаемым объектам для их детального рассмотрения.

В качестве актуального современного дополнения образовательный комплекс для совершенствования пожарной тактики может использоваться с очками виртуальной реальности с целью усиления эффекта присутствия обучающегося, но это направление не является доминирующим в реализуемом проекте. Напротив, учитывая высокую стоимость оборудования виртуальной реальности, данный проект направлен на возможность массового использования современной образовательной технологии с применением трёхмерного моделирования на любых компьютерах и устройствах, задействованных в образовательном процессе.

Находясь внутри трёхмерной виртуальной сцены, имея возможность детально рассматривать организационно-технические элементы схемы тушения пожара и перемещаться от первого лица, обучающемуся предлагаются различные образовательные сценарии, к которым относятся [10]:

- поиск ошибок, заранее заложенных в смоделированную обстановку, таких, как неправильное подключение рукавных линий, отсутствие достаточного количества поданных стволов, неправильная расстановка сил и средств или недостаточность напора при подаче рукавных линий на высотные объекты;
- совершенствование навыков обучающегося в условиях присутствия на моделируемом пожаре в качестве руководителя приблизительно рассчитывать в уме площади участков горения, оценивать ключевые параметры тушения, визуально оценивать расстояние подачи огнетушащих веществ, потери напора в рукавных линиях.

Совместное использование в составе образовательного комплекса АИГС Гра-ФиС-Тактик позволяет оценивать правильность полученных результатов расчётов обучающегося, которые он произвёл в уме и проверить его предложения по изменению структуры используемых насосно-рукавных систем в рамках рассматриваемых учебных сценариев.

Предложенная концепция создания образовательного комплекса для совершенствования пожарной тактики и реализуемая на его базе образовательная технология с применением трёхмерных моделей и сцен является новой формой обучения, является универсальной и может быть применена для совершенствования многих направлений обучения.

Список использованных источников

1. Назмутдинов Р.С., Богданов А.А., Лагунов А.Н., Пожаркова И.Н., Слепов А.Н. Перспективы применения технологий виртуальной реальности в подготовке специалистов ГПС МЧС России / Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций». – Железногорск, 2018. С. 276-279.
2. Антипина Е.А., Антипин М.И., Малютин О.С. Актуальность внедрения технологии дополненной реальности в образовательный процесс / Сборник: Актуальные проблемы информатики и информационных технологий в образовании. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Красноярск, 2019. С. 17-22.

3. Осавельюк П.А., Малютин О.С., Гудаев К.В. Технологии дополненной реальности в решении задач пожарно-спасательного подразделения / Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2018. № 1 (8). С. 27-30.
4. Николаев Г.А., Ревуцкий К.А., Демьянов Г.Г., Яровой А.В., Юрченко В.Н. Разработка проекта учебного Центра управления в кризисных ситуациях на базе Академии [Текст] / Материалы IX всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций». – Железногорск, 2019. С. 98-106.
5. Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 августа 2015 г. № 851 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета)». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.garant.ru/71196318/> (Дата обращения: 15.10.2020).
6. Малый В.П. Рекомендации по подготовке итогового отчёта по лабораторной работе №1 по дисциплине «Гидравлика и противопожарное водоснабжение». Тема: «Определение гидравлических параметров простых насосно-рукавных систем».
7. Приказ МЧС России от 16.10.2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71746130/> (Дата обращения: 15.10.2020).
8. Рекомендации МЧС России от 25.02.2019 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: <https://www.integra-s.com/media/files/instr-3D.pdf> (Дата обращения: 15.10.2020).
9. Наставление по организации деятельности центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России (утверждено заместителем Министра МЧС России Поповым П.А. от 25 декабря 2012 года за номером 2-4-87-31-14). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fireman.club/literature/nastavlenie-po-organizatsii-deyatelnosti-tsuks-mchs-rossii/> (Дата обращения: 15.10.2020).
10. 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. С. 18-21.

Системы позиционирования звеньев ГДЗС

Степанов Егор Владимирович

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье проведен анализ статистических данных о пожарах в Российской Федерации за 2011-2018 года. Рассмотрен вопрос применения различных систем определения местоположения газодымозащитников при тушении пожаров. Представлена принципиальная схема работы с комплексом Маяк Спасателя.

Ключевые слова: тушение пожаров, системы позиционирования, спасение, газодымозащитник, Маяк Спасателя.

Проведен анализа основных статистических показателей о количестве пожаров в период с 2011–2018 гг. на территории Российской Федерации [1–8]. Было выявлено что количество погибших сотрудников пожарной охраны (ПО) при тушении пожаров не имеет положительной динамики к снижению (рис.1). Установлено что, аварийные ситуации при работе в непригодной для дыхания среде (НДС), имеют наибольшее значение причины гибели сотрудников (рис.2).

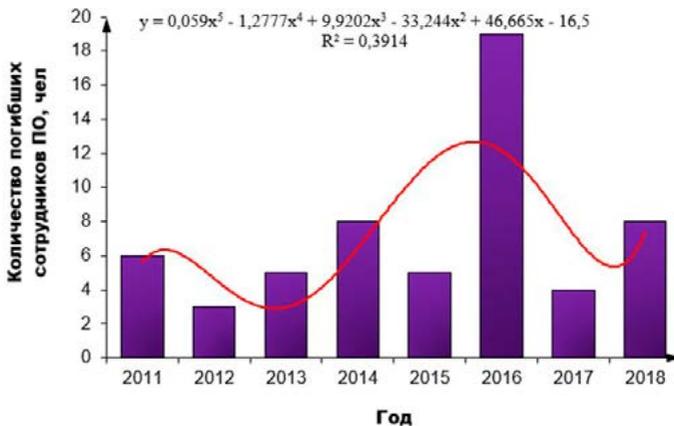


Рис. 1. Динамика количества погибших сотрудников ПО при тушении пожаров

При работе пожарных подразделений по тушению пожаров в непригодной для дыхания среде на личный состав групп разведки (звенья ГДЗС) зачастую воздействуют опасные факторы пожара (ОФП). Недостаточная видимости или ее отсутствие при проведении боевых действий снижает эффективность проведения работ, а также определяет психологические аспекты, воздействующие на личный состав при их работе.

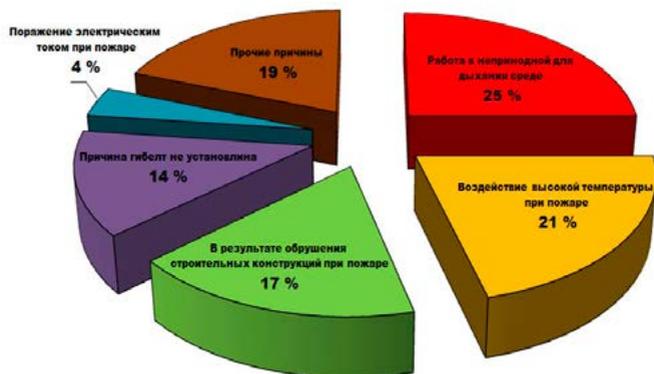


Рис. 2. Распределение причин гибели сотрудников при тушении пожаров

Правильное определение местоположения газодымозащитников в пространстве является одним из главных аспектов, влияющих на эффективность их работы. Для этого личным составом используются определенные алгоритмы при движении [9]. Однако существует угроза возникновения аварийных ситуаций: обрушение конструкций, ухудшение самочувствия газодымозащитников, нехватка дыхательных ресурсов и т.п. При реализации данных деструктивных событий необходимо направление резервных звеньев к месту инцидента. При этом зачастую нет информации о точном местонахождении звена, которому необходима помощь. Для повышения эффективности поиска применяются системы позиционирования [10-12]. В данной работе мы подробнее рассмотрим самую распространенную систему из используемых.

Комплекс Маяк Спасателя [10] представляет собой мобильную приемопередающую станцию (МППС) выполненную в виде кейса. Внутри кейса расположены пять индивидуальных приемопередатчиков («Маяк-Р») (рис.3).



Рис. 3. Удаленный контроль

Комплекс Маяк Спасателя предназначен для контроля состояния газодымозащитников при выполнении основной боевой задачи (рис.4,5).



Рис. 4. Удаленный контроль



Рис. 5. Контроль давления и запаса воздуха каждого из газодымозащитников

В случае если газодымозащитник обездвижен более 45 секунд или он вручную активизирует сигнал тревоги, то Маяк Спасателя передает радиосигнал «Тревога» и номер пожарного на МППС и «Браслет-Р», который обязательно находится на руке у назначенного лица штаба пожаротушения либо контрольно-пропускного пункта (КПП) ГДЗС. После этого попеременно включает мощную сирену (100 дБ), которая слышна на расстоянии до 100 м, и «белый звук» (сверхъяркие вспышки). Два сверхъярких излучателя расположены под разными углами к поверхности корпуса, обеспечивая обнаружение газодымозащитника на расстоянии до 10 м в условиях сильной задымленности.

В случае необходимости постовой на посту безопасности может экстренно оповестить весь личный состав о срочной эвакуации из опасной зоны, например, при угрозе обрушения конструкций или угрозе возникновении взрыва. Для этого постовой инициирует команду «Всем выход» на мобильной станции, и сигнал автоматически доставляется каждому работающему газодымозащитнику (рис.6).

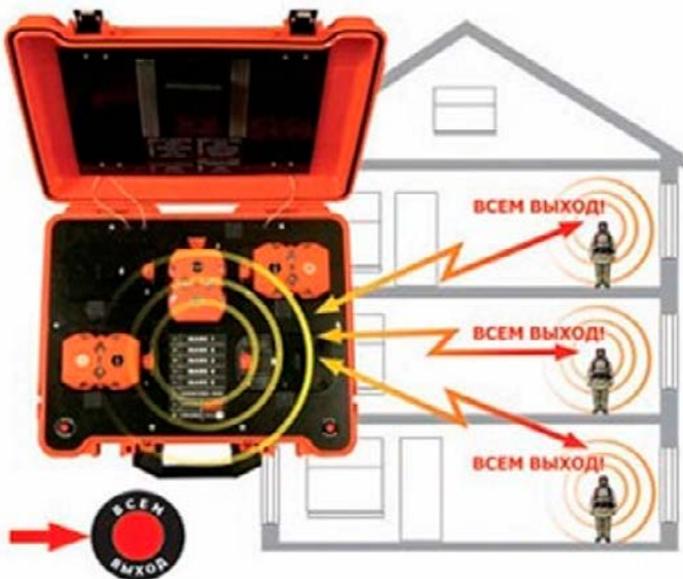


Рис. 6. Оповещение газодымозащитников в случае возникновения опасности

Применение подобных технологий в комплексе позволяет решать ряд важных задач как при оперативном управлении, так и при возникновении аварийных ситуаций:

- обнаружения сотрудников которым необходима помощь;
- экстренного оповещения о возникновении угрозы;
- контроль состояния газодымозащитников;
- контроль давления и запаса воздуха в дыхательных аппаратах.

Список использованных источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2012. – 137 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2013. – 137 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2014. – 137 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2015. – 124 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник / под общей редакцией А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2016. – 124 с.

6. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник / под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2017. – 124 с.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: Статистический сборник / под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2018. – 125 с.
8. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2019. – 125 с.
9. Кабелев, Н.А. Пожарная разведка: тактика, стратегия и культура [Текст] / Н.А. Кабелев. – Екатеринбург: Калан, 2016. – 348 с.
10. Руководство по эксплуатации комплекс «Маяк спасателя» СПНК.425624.013 РЭ Ред.1.3. – Санкт-Петербург, 2011. – 36 с.
11. Мобильный комплекс информационного обеспечения спасательных операций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.granch.ru/images/banners/helmet.pdf> (дата обращения 24.09.2020).
12. БРАСЛЕТ-ПРО: Локализация и оповещение [Электронный ресурс]. URL: <https://argus-spectr.ru/wearable-devices> (дата обращения 25.09.2020).

Анализ организации подготовки газодымозащитников на примере ФГКУ «Специальное управление ФПС № 2 МЧС России»

Коноплев Юрий Владимирович^{1,2}

Научный руководитель: **Долгушина Любовь Викторовна²**

кандидат химических наук, доцент

¹ФГКУ «Специальное управление ФПС № 2 МЧС России»

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: статья посвящена разностороннему анализу организации подготовки газодымозащитников. В статье описаны цели и задачи, которые позволяет решать газодымозащитная служба, особенности, которые имеет газодымозащитная служба и с какими актуальными проблемами сталкивается газодымозащитная служба сегодня, которые необходимо решить.

Ключевые слова: газодымозащитная служба, средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, кислородные изолирующие противогазы, дыхательные аппараты, подготовка газодымозащитников.

Борьба с дымом в настоящее время является одной из главных задач, стоящих на пути развития и совершенствования методов и средств противопожарной защиты, а также повышения эффективности борьбы с пожарами на объектах народного хозяйства и других помещениях.

Дым, распространяющийся в объеме помещений и на путях эвакуации, в случае пожаров в основном становится причиной гибели людей, потери материальных ценностей, серьезно осложняет действия пожарных подразделений противопожарной защиты. Высокоэтажные здания, гостиницы, больницы оборудованы дымозащитными системами, которые используют различные варианты приточно-вытяжной вентиляции. Однако подавляющее большинство жилых и общественных зданий не имеют такой защиты.

На практике при тушении пожаров известны такие различные способы и средства удаления продуктов сгорания, как дымоходы, дымовые заслонки, кондиционеры, фильтры, аспирационные устройства. Но большинство этих средств имеют ограниченное применение, так как они не всегда могут быть эффективно использованы из-за своих технических возможностей, особенностей планировки и назначения зданий, характера развития пожара и распространения продуктов сгорания.

Особая сложность работы возникает в помещениях с ограниченным движением воздуха, таких как подвалы и полуподвалы, шахты, тоннели, герметичные аппараты и другие варианты для помещений и конструкций. Борьба с дымом имеет

большое практическое значение на начальном этапе пожара в небольших помещениях жилых и административных зданий, производственных и складских помещениях при начинающемся пожаре.

Актуальность этого вопроса в настоящее время становится все более значимой из-за развития материалов на основе полимеров, которые выделяют большое количество опасного дыма при сгорании. Сгорание малого количества полимеров приводит к потере видимости и значительно затрудняет обнаружение очага и его ликвидацию. Отсутствие эффективных средств борьбы с дымом в некоторых случаях является причиной перехода пожара в развитую стадию. Поэтому для работы в условиях, непригодных для дыхания, была организована служба газодымозащиты (ГДЗС).

Характеристика газодымозащитной службы ФГКУ «Специальное управление Федеральной противопожарной службы № 2 МЧС России».

Важность исследований по данной теме обусловлена непрерывным развитием науки и техники, в следствие чего количество пожароопасных производств непрерывно увеличивается, технологические процессы становятся все более сложными, в строительстве используются пожароопасные материалы в угоду скорости выполнения и удешевления проводимых работ, наблюдается тенденция к увеличению этажности и площадей общественных и жилых зданий. Все эти факторы продолжают усложнять условия для выполнения боевой задачи пожарными бригадами, поэтому уже в начале прошлого века перед пожарными стояла задача защиты органов дыхания и зрения от неблагоприятного воздействия дыма и токсичных веществ, выделяющихся при горении.

Впервые ленинградские энтузиасты и пожарные В.В. приступили к серьезному решению этой проблемы. Дехтерев, Г.Е. Селицкий, М.Ф. Юскин. Именно благодаря им 1 мая 1933 года в боевой расчёт Ленинградского пожарного гарнизона был включен первый в стране отдел пожарных-газодымозащитников.

В настоящее время газодымозащитная служба является неотъемлемой частью ведения боевых действий российских пожарных. Газодымозащитники привлекаются, примерно, в 20% пожаров, и каждый пожар, потушенный с использованием СИЗОД, является своеобразным зачетом для газодымозащитников, так как требует мобилизации всех сил, знаний, опыта, дает возможность проверить качество подготовки к работе в сложных условиях.

Газодымозащитная служба является одной из основных в комплексе специальных противопожарных служб, так как это единственная служба, которая может проводить работы в условиях отсутствия возможности дыхания без СИЗОД и при почти нулевой видимости, поэтому организации работы газодымозащитной службы уделяется очень большое внимание.

Газодымозащитная служба создается как постоянное или внештатное подразделение. В качестве постоянного подразделения ГДЗС создается решением МЧС России по представлению соответствующих органов Государственной противопожарной службы. газодымозащитная служба создается территориальными органами управления Государственной пожарной службы в порядке, предусмотренном Уставом пожарной службы.

Сотрудники Государственной пожарной службы, занимающиеся тушением пожаров и признанные пригодными к работе со средствами индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД), перед получением кислородоизолирующих противогазов или дыхательных аппаратов проходят обязательное обучение охране труда, физическую и психологическую подготовку, практическую отработку навыков работы в звене ГДЗС и навыки технического обслуживания СИЗОД, после чего проходят аттестацию на право работы в СИЗОД.

В связи со спецификой охраняемых объектов и их волюметрическими планировочными решениями (подгорная часть ФГУП ГХК) гарнизонные подразделения должны использовать СИЗОД «УРАЛ-10» с 4-часовым защитным периодом. Кроме того, для оснащения газодымозащитных устройств в автомобилях скорой помощи используется система Dräger PA 94 Plus Basic DASV. В 2013 году благодаря централизованным поставкам было получено 50 аппаратов замкнутого цикла «Альфа».

В целях выполнения «Концепции совершенствования газодымозащитной службы в системе ГПС МЧС России», утвержденной приказом МЧС России от 31 декабря 2002 года № 624, а также для повышения эффективности работы службы и постоянного ее совершенствования в гарнизоне разработан и выполняется План развития газодымозащитной службы ФГКУ «Специальное управление ФПС № 2 МЧС России».

В целях исполнения приказа МЧС России от 09.01.2013 № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде», зарегистрированный в Министерстве юстиции Российской Федерации 15.03.2013 № 27701, была переработана служебная документация по ГДЗС, изготовлены стенды и плакаты с описанием правил работы в СИЗОД.

В 2018-2020 году из 223 пожаров, произошедших в гарнизоне ФГКУ «Специальное управление ФПС №2 МЧС России, 45 потушены с применением средств индивидуальной защиты органов дыхания, что составляет 20 % от общего количества зарегистрированных пожаров. На тушение пожаров было задействовано 89 звеньев ГДЗС (за три года). Суммарное время работы газодымозащитников на пожарах в непригодной для дыхания среде составило 901 минуту (за три года). В ходе тушения пожаров газодымозащитниками эвакуировано 128 человек. Статистика использования сил и средств ГДЗС, сведения о показателях их работы на пожарах, а также использования основной и специальной техники при тушении пожаров приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Статистические сведения по использованию звеньев ГДЗС

Статистические сведения использования звеньев ГДЗС		Сведения за:			
		2018 год	2019 год	2020 год	
Потушено пожаров с использованием звеньев ГДЗС		16	11	18	
в том числе двумя звеньями тремя звеньями и более	одним звеном	4	5	11	
	8	4	4		
	4	2	3		
ИЗ НИХ	в жилом секторе		13	11	15
	в том числе	одним звеном	4	5	9
		двумя звеньями	7	4	3
		тремя звеньями и более	3	2	3
	на промышленных объектах		0	0	0
	в том числе	одним звеном	0	0	0
		двумя звеньями	0	0	0
		тремя звеньями и более	0	0	0
	на сельскохозяйственных объектах		0	0	0
	в том числе	одним звеном	0	0	0
		двумя звеньями	0	0	0
		тремя звеньями и более	0	0	0
	на объектах с массовым пребыванием людей		0	0	0
	в том числе	одним звеном	0	0	0
		двумя звеньями	0	0	0
		тремя звеньями и более	0	0	0
	на объектах торговли		0	0	3
	в том числе	одним звеном	0	0	2
		двумя звеньями	0	0	1
тремя звеньями и более		0	0	0	
прочие объекты		3	0	0	
в том числе	одним звеном	1	0	0	
	двумя звеньями	1	0	0	
	тремя звеньями и более	1	0	0	
Спасено (эвакуировано) людей, с использованием звеньев ГДЗС		66	39	23	

Таблица 2. Статистические сведения ГДЗС

Статистические сведения ГДЗС		Год			
		2018	2019	2020	
Количество газодымозащитников (чел.)		380	368	400	
из них	среднего и старшего начальствующего состава, включая начальников караулов	90	71	75	
	рядового и младшего начальствующего состава	290	297	325	
Срок эксплуатации СИЗОД	от 1 до 5 лет	дыхательных аппаратов / (тип СИЗОД, шт.)	ПТС «Профи-168» - 30 шт. АП «Омега» 1/5-68 – 20 шт.	АП «Омега» 1/5-68 – 20 шт.	АП «Омега» 1/5-68 – 20 шт.
			Dräger PA 94 Plus Basic – 10 шт.	Dräger PA 94 Plus Basic – 10 шт.	Dräger PA 94 Plus Basic – 10 шт.
			0	0	0
	от 5 до 10 лет	кислородных изолирующих противогазов / (тип СИЗОД, шт.)	«Урал-10» 91 шт. «Альфа» 100 шт.	«Урал-10» 56 шт.	«Урал-10» 56 шт.
			0	0	0
			«Урал-10» 499	«Урал-10» 495	«Урал-10» 495
	более 10 лет				
	от 1 до 5 лет				
	от 5 до 10 лет				
более 10 лет					

Анализируя данные таблицы видно, что в 2020 году количество СИЗОД, которые морально и технически устарели, полностью выработали свой эксплуатационный ресурс и эксплуатируются более 10 лет, осталось на прежнем уровне.

С 2019 по 2020 год комиссией ФГКУ «Специальное управление ФПС № 2 МЧС России», согласно требований «Методических рекомендаций по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы ФПС МЧС России» от 02.07.2008 года, проведена первичная и периодическая аттестация на право ведения действий по тушению пожаров в СИЗОД. В период курсового обуче-

ния пожарных на базе учебного пункта ФГКУ «Специальное управление ФПС № 2 МЧС России» было подготовлено и аттестовано 66 газодымозащитников. Согласно графика проведения периодической аттестации, в 2020 году аттестовано 4 человека из числа среднего и старшего начальствующего состава и 28 человек из числа рядового и младшего начальствующего состава, в 2019 году - 9 человек и 153 человека, а в 2018 году 7 человек и 68 человек соответственно. Не прошедших аттестацию в период с 2018 по 2020 год не было.

В целях выполнения указания Департамента пожарно-спасательных сил, специальной пожарной охраны и сил гражданской обороны МЧС России от 19.08.2013 № 18-4-3-3158 о направлении «Методических указаний по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения» в подразделениях гарнизона были обновлены расчеты параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения на обслуживаемых постах ГДЗС и пультах постовых на посту безопасности ГДЗС.

В течение существования ГДЗС в ФГКУ «Специальное управление №2 МЧС России» было проведено множество организационных и практических мероприятий по созданию и улучшению учебно-тренировочных баз для подготовки газодымозащитников к ведению действий в непригодной для дыхания среде, а также психологической и физической подготовки пожарных. Всего были оборудованы и эксплуатируются три теплодымокамеры. Кроме этого, для психологической и физической подготовки используются два учебно-тренировочных комплекса, один из которых расположен в подгорной части ФГУП «ГХК».

В целом, состояние газодымозащитной службы ФГКУ «Специальное управление ФПС № 2 МЧС России» оценивается как удовлетворительное. Личный состав подразделений способен решать поставленные перед ним задачи по тушению пожаров в непригодной для дыхания среде.

Вывод: Газодымозащитная служба – необходимая служба, которая позволяет проводить работы в условиях сильного задымления. Подготовка газодымозащитников и допуск к работе в СИЗОД содержит в себе ряд этапов, которые необходимо соблюдать для качественной подготовки л/с ГПС МЧС России. В данный момент газодымозащитная служба все еще нуждается в интенсивном финансировании для замены устаревших и отслуживших свой срок СИЗОД, а также для усовершенствования баз технического обслуживания.

Список использованных источников

1. В.А. Грачев, Д.В. Поповский/ Газодымозащитная служба: Учебник / Под общ. ред. д.т.н., профессора Е.А. Мешалкина. – М.: Пожнзна, 2004. – 384 е., ил. – Пожарная техника.
2. Кириллов Ю. Ю. Подготовка газодымозащитника [Электронный ресурс] / Ю. Ю. Кириллов. - Волгоград: Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. - 86 с. - Режим доступа: [//business-library.ru/book_434822_podgotovka_gazodymosaschitnika/](http://business-library.ru/book_434822_podgotovka_gazodymosaschitnika/).

3. Наставление по газодымозащитной службе государственной противопожарной службы МВД России» (утв. Приказом МВД России от 30.04.1996 N 234).
4. Приказ МЧС России 624 от 31.12.2002 «Об утверждении Концепции совершенствования газодымозащитной службы (ГДЗС) в системе ГПС МЧС России и Концепции совершенствования пожарных автомобилей и их технической эксплуатации в системе ГПС МЧС России».
5. Приказ МЧС России от 09.01.2013 № 3 «Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде»
6. Письмо МЧС России от 19.08.2013 N 18-4-3-3158 «О методических указаниях по проведению расчетов параметров работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения»

Концепция создания специального программного и информационного обеспечения для совершенствования деятельности центров управления в кризисных ситуациях

Агафонцев Александр Александрович

Бояринова Светлана Петровна

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье представлена концепция совершенствования деятельности центров управления в кризисных ситуациях путем создания мобильных приложений на платформе разработки Android Studio.

Ключевые слова: центр управления в кризисных ситуациях, информационные технологии, информатика, мобильное приложение, Android Studio, Java.

В настоящее время активно развивается направление внедрения разнообразных информационных технологий для улучшения эффективности профессиональной деятельности в различных сферах.

Информационные технологии позволяют оперативно прогнозировать обстановку, оценивать возможные последствия и риски, планировать практические мероприятия, что является основой для принятия рациональных управленческих решений. Деятельность центров управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС России по субъектам РФ (далее – ЦУКС), обеспечивающая реагирование на существующие и новые угрозы чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) различного характера в современных социально-экономических условиях требует повышения оперативности, автоматизации процессов и повышения качества управленческих решений.

К эффективным способам совершенствования системы антикризисного управления относится автоматизация управленческих процессов путем внедрения современных информационных технологий. На базе ЦУКС внедряются системы поддержки принятия управленческих решений. Компьютерные программы позволяют сократить время сбора, аналитической обработки информации, прогнозирования параметров обстановки и визуального представления информации (моделирования).

Информационные технологии занимают важное место при решении всех задач, возложенных на ЦУКС:

- обеспечение координации совместных действий органов управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС) и Гражданской обороны (далее – ГО);
- управление силами и средствами, предназначенными для предупреждения и ликвидации ЧС;

- контроль готовности сил и средств РСЧС, ГО к действиям по предназначению при ЧС мирного и военного времени;
- сбор, обработка, обмен информацией в области защиты населения, территорий, материальных и культурных ценностей;
- организация своевременного оповещения (информирования) населения, органов управления и сил.

В целях организации и обеспечения оперативного управления силами и средствами функциональных и территориальных подсистем РСЧС в ходе предупреждения и ликвидации ЧС решаются задачи по:

- планированию и организации работ;
- организации взаимодействия;
- координации совместных действий сил.

Для проведения оперативных расчетов при угрозе и возникновении ЧС необходимо использовать расчетные задачи по техногенным, природным, биолого-социальным ЧС, террористическим актам и рискам военного времени. Расчетные задачи в ЦУКС выполняются с использованием специализированных программных комплексов на основе известных научных методик для оценки и прогнозирования параметров складывающейся обстановки.

Задачи прогнозирования обстановки обеспечивают получение данных обстановки на основе проведения расчетов по специальным алгоритмам (методикам), использующим перечень определенных исходных данных.

Задачи контроля и оценки обстановки обеспечивают сопоставление данных, полученных из различных источников, а также анализ результатов прогнозирования, включая определение степени достоверности обобщенной информации с учетом данных о ходе проводимых мероприятий и достижении запланированных показателей.

Задачи подготовки данных для принятия комплексного управленческого решения и планирования мероприятий по его реализации обеспечивают определение перечня и объемов необходимых практических мероприятий, сроков их завершения, рационального состава сил, требуемых материальных, технических, финансовых и других ресурсов для их выполнения.

В настоящее время органы управления, при решении возложенных на них задач, активно используют системы мониторинга, содержащие информацию о состоянии многочисленных параметров окружающей среды (в природе и техносфере), для прогнозирования возможных опасных явлений и процессов на начальной стадии их развития. Необходимость получения оперативной и точной информации предопределяет совершенствование существующих подходов в системе антикризисного управления.

Мобильные устройства – наиболее популярный источник самых разных инструментов для работы, досуга и образования. Распространение мобильных устройств позволяет также рассматривать мобильные приложения и с точки зрения реализации функций информирования населения, взаимодействия органов управления,

организации видеосвязи, проведения математических расчетов, моделирования и прогнозирования обстановки и подобное.

В связи с этим в рамках данной статьи предлагается рассмотреть концепцию создания мобильных приложения для использования в системах поддержки принятия управленческих решений на примере деятельности ЦУКС. Решение задачи организации оповещения населения может реализовываться с использованием мобильных приложений. Организацию систем мониторинга также можно рассматривать с использованием мобильных устройств. Расчетные программы могут реализовываться на мобильных устройствах и использоваться в условиях отсутствия стационарного компьютера (например, оперативными группами). Приложения для проведения групповых сеансов видеосвязи с использованием мобильных приложений становятся сейчас очень удобными и надежными. Контроль сил и средств также может осуществляться с использованием мобильных приложений с функцией определения местоположения (геолокации).

Проведенный анализ показывает, что на данный момент уже имеется хороший практический опыт создания различных мобильных приложений, которые используются в деятельности МЧС России. Рассмотрим ряд таких примеров.

Одним из таких примеров является приложение «Выброс АХОВ» (рис. 1). Приложение предназначено для прогнозирования масштабов возможного химического заражения при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных объектов. Приложение может использоваться в качестве специального программного обеспечения при решении расчетных задач по оценке и прогнозированию обстановки в районах размещения химически опасных объектов.

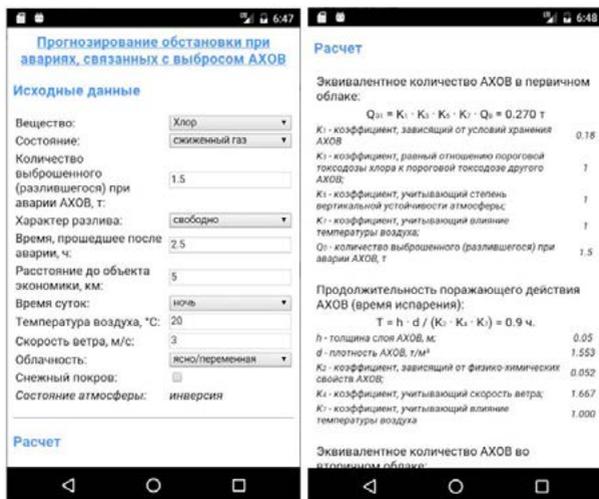


Рис. 1. Интерфейс мобильного приложения «Выброс АХОВ»

В качестве другого примера рассмотрим мобильное приложение «Термические точки МЧС» (рис. 2). Приложение позволяет отображать термические точки, полученные с применением системы космического мониторинга МЧС России, и осуществлять обмен информацией на этапе реагирования и ликвидации возникающих возгораний. Это достаточно эффективная мера по предупреждению рисков перехода огня на населенные пункты, учитывая повышение оперативности принятия управленческих решений и усиление контроля их исполнения. Полученные с космических спутников сведения оперативно передаются в приложение для информирования пользователей о возникающих термически активных точках. Существует возможность визуального отображения всех термоточек в рамках заданной области.

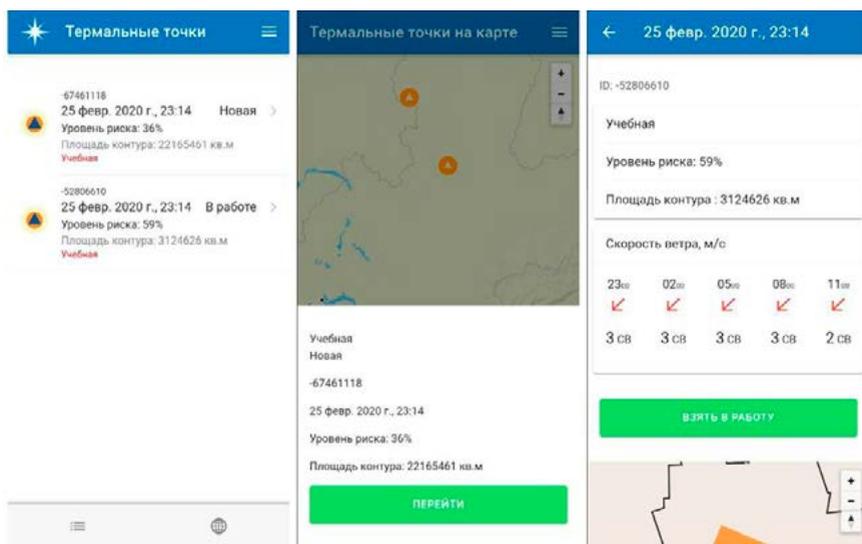


Рис. 2. Интерфейс мобильного приложения «Термически точки МЧС»

Для создания подобных приложений требуется использование специализированной среды разработки на основе языков программирования Java и программное обеспечение типа Android Studio.

Android Studio – это интегрированная среда разработки, созданная специально для работы с платформой Android. Включает в себя большой перечень возможностей для работы с кодом, файлами, функциями тестирования и калибровки приложений [1]. С 2013 года Android Studio подверглась большому количеству изменений, доработок, обновлений, дополнений и сейчас представляет собой лучшую среду для разработки мобильных приложений (рис. 3).

Создание приложений для мобильных устройств связано с необходимостью использования языков программирования. Одним из самых популярных в мире языков программирования для создания мобильных приложений является Java.

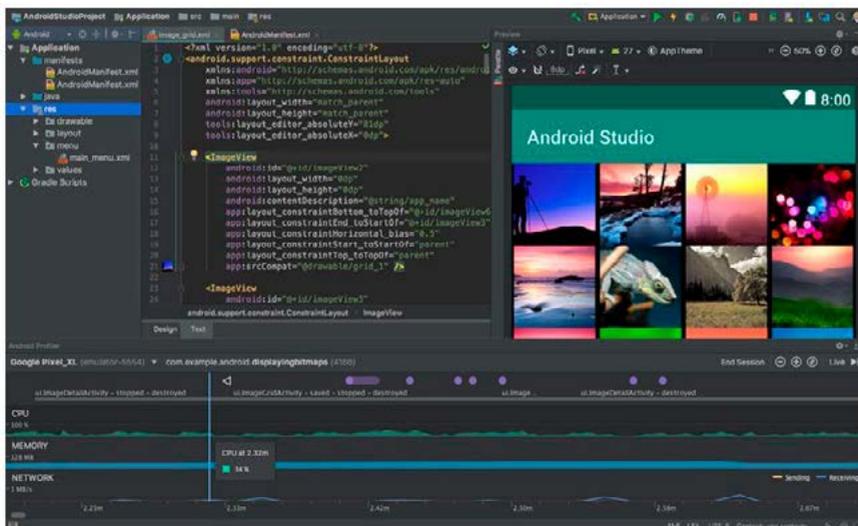


Рис. 3. Программа Android Studio

Язык Java представляет собой скомпилированный язык, который можно запустить двумя способами: в браузере или на виртуальной машине [2]. Операционная система Android основана на языке Java, который был создан после языков C и C++, и включает в себя много мощных функций этих языков. У Java не только мощные функции, а еще большие библиотеки, используемые для создания приложений [3].

Главным плюсом Android Studio считается встроенный комплект средств разработки, позволяющий создавать приложения для определенных версий систем, используя специальные элементы, недоступные в некоторых версиях приложений, программ (SDK). Android SDK включает множество стандартных Java-библиотек (структуры данных, математические, графические, сетевые и т.д.). Android Studio содержит все версии API (программный интерфейс приложения, интерфейс прикладного программирования) в базе и при проверке кода автоматически определяет какая версия API требуется для работы определенных фрагментов, а при необходимости автоматически устанавливает недостающие элементы [4].

Интерфейс Android Studio содержит большое количество инструментов (рис. 4). Визуализация структуры проекта позволяет при создании приложения взаимодействовать с его элементами. Выполненные изменения проекта можно наблюдать в режиме тестирования на каждом этапе разработки. Существуют инструменты по оптимизации ресурсоемких приложений.

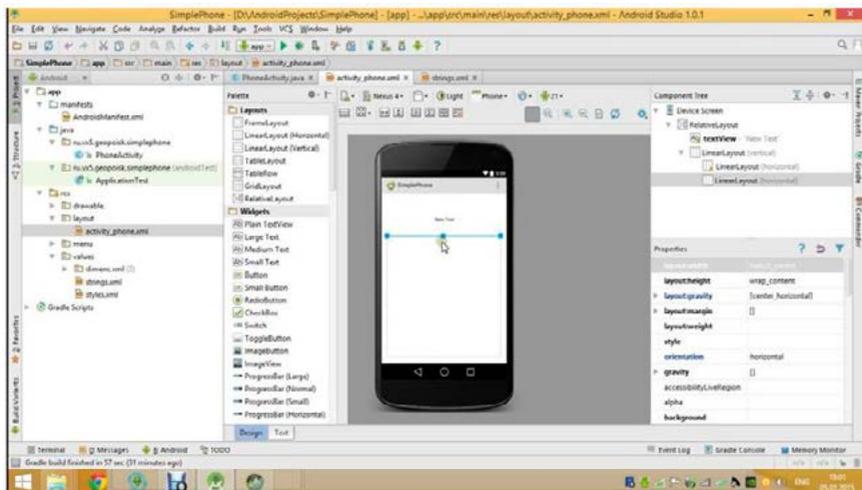


Рис. 4. Структура проекта в среде разработки Android Studio

В Android Studio содержится большое количество эмуляторов различных видов устройств, что позволяет создавать интерфейс приложений, размещать элементы и просматривать результат на самых разных устройствах – от старых моделей смартфонов до планшетов и телевизоров. Кроме этого, все элементы будут отображаться аналогично тому, как они выглядят на конкретном устройстве.

Проведенный анализ показывает, что Android Studio является наиболее приемлемой средой разработки мобильных приложений для совершенствования деятельности ЦУКС.

Список использованных источников

1. Уголок цифрового творчества. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://4creates.com> (Дата обращения 15.10.2020 г.).
2. Топ языков программирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://geekbrains.ru/posts/2019_lang_trends (Дата обращения 15.10.2020 г.).
3. Введение в Java. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://code.tutsplus.com/tutorials/learn-java-for-android-development-introduction-to-java--mobile-2604> (Дата обращения 15.10.2020 г.).
4. Голощанов А.Л. Google Android: программирование для мобильных устройств / А.Л. Голощанов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 448 с.

Анализ существующих интернет-технологий, обеспечивающих обучение и подготовку в области гражданской обороны и защиты населения в кризисных ситуациях

*Волков Александр Сергеевич
Бояринова Светлана Петровна*

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье представлен анализ сложившейся системы подготовки населения и специалистов в области гражданской обороны и защиты населения от чрезвычайных ситуаций. На основании проведенного анализа сформированы предложения по совершенствованию системы подготовки с применением существующих образовательных интернет-технологий, мобильных приложений и систем дистанционного обучения, в условиях неблагоприятной эпидемиологической обстановки.

Ключевые слова: гражданская оборона, защита населения, интернет-технологии, дистанционное обучение, подготовка населения.

Обучение и подготовка населения в области гражданской обороны и защиты населения в кризисных ситуациях осуществляется через систему созданных учебно-методических центров и пунктов, на базе общественных формирований и организаций, осуществляющих подготовку по специализированным программам подготовки [1; 2].

Целью подготовки граждан в области гражданской обороны является обучение способам защиты от различных опасностей. Обучение (подготовку) по вопросам гражданской защиты проходят:

- обучающиеся дошкольных, начальных, средних и высших образовательных учреждений;
- работающая часть населения (по месту работы);
- не работающая часть населения (по месту проживания);
- личный состав нештатных аварийно-спасательных формирований;
- граждане и специалисты, проходящие обучение на курсах повышения квалификации;
- руководящий состав и работники, уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, анализируя категории населения, проходящие в том или ином объеме подготовку в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций, можно сделать вывод, что это абсолютно все граждане, проживающие и осуществляющие свою деятельность на территории Российской Федерации [3; 4].

Предметом исследования настоящей статьи выступают интернет-технологии, которые используются или могут использоваться в системе подготовки населения и специалистов.

В настоящее время интернет-технологии играют важную роль в различных сферах образования. Это связано, в первую очередь, с тем, что Интернет является общедоступным информационным ресурсом, при этом обладая инструментами для значительного сокращения времени поиска и получения нужной информации. Применение интернет-технологий позволяет решать значительно больший объем задач в области защиты населения, чем раньше, в том числе за счет развития дистанционных технологий.

Существующие позитивные тенденции в области развития интернет-технологий характерны и применимы для сферы образования. К интернет-технологиям, с помощью которых стало возможным обеспечить обучение и подготовку населения в области гражданской обороны, можно отнести:

- системы тестирования (рис. 1);
- обучающие фильмы и видео-лекции на доступных видеохостингах (например, YouTube) (рис. 2);
- системы дистанционного обучения.

Тестирование является одним из самых популярных методов применения интернет-технологий в любых организациях, на базе которых осуществляется обучение по вопросам гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций. С помощью тестов производится оценка знаний и умений, полученных в ходе обучения, а также предоставляется возможность оценить выработанные качества по тематике гражданской обороны. Система тестирования не является новшеством, но развитие компьютерных технологий позволило усовершенствовать данный метод, позволяя проходить тестирование в режиме онлайн, получать результаты тестирования сразу после прохождения и производить преподавателю своевременный анализ ошибок.

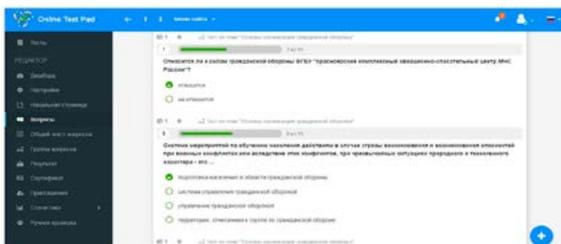


Рис. 1. Пример создания тестовых вопросов по гражданской обороне в системе онлайн-тестирования «Online Test Pad»

Метод использования видео-лекций для обучения по вопросам гражданской обороны – это наглядный способ обучения, включающий, как правило, большой объем информации, хорошо систематизированный в форме представления наиболее интересных и важных элементов, сопровождающихся визуальными эффектами.

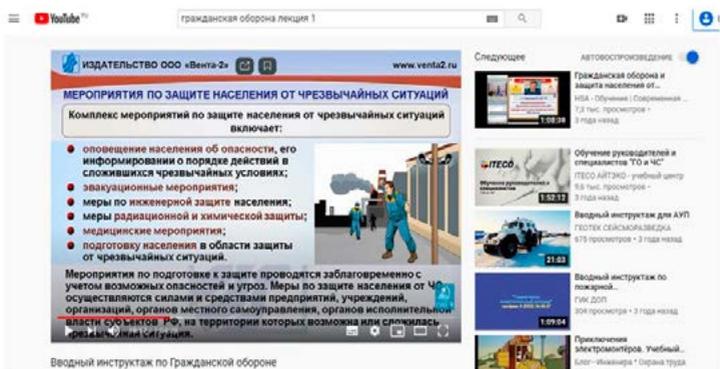


Рис. 2. Лекция на видеохостинге YouTube

Рассмотренные методы (метод тестирования и метод использования видео-лекций) совместно применяются при наполнении и организации работы полноценной системы дистанционного обучения [5].

В 2020 году складывающаяся эпидемиологическая обстановка во всех регионах России показала, что технологии дистанционного обучения крайне необходимы для организации непрерывного образования. При этом специалистами часто отмечалось, что многие учебные заведения оказались не готовы к организации работы с обучающимися в дистанционном формате.

Обучение в области гражданской обороны также требует непрерывной систематической подготовки, вне зависимости от складывающейся обстановки. Поэтому технологии дистанционного обучения необходимо внедрять и использовать в существующей системе подготовки населения и специалистов. Из преимуществ дистанционного обучения можно выделить:

- общедоступность для слушателей;
- возможность обучения вне зависимости от местоположения;
- возможность совмещения с основным видом деятельности;
- получение более качественных знаний с учетом возможности самостоятельного повторения материала.
- Основными задачами дистанционной подготовки населения и специалистов в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций являются:
 - систематизация сведений по возможным опасностям;
 - получение знаний, умений и навыков по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, снижению воздействия опасных факторов;

- вопросы совместного применения сил и средств ГО и РСЧС;
- формирование личной и профессиональной культуры безопасности.

Обучение слушателей дистанционного обучения завершается сдачей зачета, где возможно использование тестовой системы или общения с преподавателем по системе видеоконференции.

Помимо интернет-технологий подготовка в области гражданской защиты может включать изучение информационных ресурсов и различных компьютерных программ, таких, как:

- «Риск-пожар-производство» (разработан на основе «Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», введенных в действие приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404, с учетом положений ГОСТ Р 12.3.047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования и методы контроля» и РД 03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей»).
- «Расчет рисков» (предназначен для определения индивидуального и социального (коллективного) рисков. Данный модуль работает в программной оболочке «Студия анализа риска 2011» при условии установки программного модуля «Риск-пожар-производство»).
- Программный модуль «АХОВ» (разработан на основе РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте») (рис. 3).
- «Экспресс оценка последствий ЧС» (разработан на основе Методических рекомендаций МЧС России 01.09.2007 г. № 1-4-60-9-9 по определению количества пострадавших при чрезвычайных ситуациях техногенного характера).
- «Ущерб ГТС» (программный модуль разработан на основе «Методики определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварий на гидротехнических сооружениях предприятий топливно-энергетического комплекса», утвержденной совместным приказом МЧС России и Минэнерго России от 29.12.2003 г. №776/508).

На примере анализа программного комплекса «АХОВ» можно сделать вывод, что расчетный модуль позволяет обучающимся выполнить:

- оценку эквивалентного количества АХОВ в первичном и вторичном облаке;
- прогноз продолжительности поражающего действия АХОВ;
- расчет глубины зоны возможного химического заражения АХОВ при аварии на химически опасном объекте;
- расчет глубины зоны возможного химического заражения при разрушении химически опасного объекта.

Особенности управления при проведении противофонтовых работ

Сомин Руслан Игоревич

Багажков Игорь Владимирович

кандидат химических наук

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: статья о самом опасном осложнении в работах по бурению и добыче нефти и газа и об организации профилактической и оперативной работы для борьбы с фонтанами.

Ключевые слова: нефть, добыча, буровые работы, фонтан, опасность, аварийно-спасательное формирование, план ликвидации аварии

Российская Федерация занимает одно из ведущих мест в мире по добыче нефти и газа. Современная нефтегазовая промышленность – это высокотехнологичная, высоко затратная и трудоемкая отрасль народного хозяйства.

Сейчас разработки месторождений с материка шагнули в воды Арктического шельфа, что требует новых решений в геологоразведке, бурении, добыче, а также в соблюдении норм безопасности работ для персонала и окружающей среды [1].

Главная опасность при ведении буровых работ - это возникновение открытых фонтанов и образование грифонов.

Открытый фонтан - это неуправляемое истечение пластового флюида через устье скважины или грифонообразования.

Подобные аварии, в большинстве случаев, приобретают характер стихийных бедствий. Для их ликвидации требуются большие материальные ресурсы, длительные сроки проведения аварийно-спасательных работ. Профессии «фонтанщик», «противофонтанщик» не обучают в учебных и образовательных учреждениях. Это - специалисты по ликвидации открытых (неуправляемых) нефтяных фонтанов.

Согласно ст. 5 ФЗ от 22 августа 1995 года № 151 ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» противофонтовые работы относятся к аварийно-спасательным работам. Для борьбы с такими проявлениями в 1967 году в СССР были созданы противофонтовые военизированные части (ПФВЧ) и отряды по предупреждению возникновения и по ликвидации открытых газовой и нефтяных фонтанов. Как правило, военизированные противофонтовые части организуются и базируются в районах расположения нефтегазодобывающих предприятий [2].

На сегодняшний момент в России действуют четыре аварийно-спасательных формирования: противофонтовые военизированные части Южно-Российская, Северо-Восточная, Западно-Сибирская и Дальневосточная.

Профилактика аварий на буровых - это одна из основных задач деятельности ПФВЧ и проводится она в соответствии с инструкцией Минэнерго РФ от 15 февраля 2001 г. № 52 по организации и проведению профилактической работы. При обнаружении угрозы фонтанирования работниками буровой установки принимаются определенные меры для ее предотвращения. А именно осуществляется дегазация и утяжеление бурового раствора. Несомненно, эти операции являются продолжительными, затратными по времени.

Если выброс неминуем и медлить нельзя - не прекращая циркуляцию бурового раствора колонну буровых труб поднимают из скважины до выхода ведущей трубы, на устье для герметизации устанавливают противовыбросовое оборудование. После наблюдают за давлением в скважине, принимается решение по ситуации [3].

Во время ликвидации аварий на скважинах, буровое оборудование способно выдерживать повышенные нагрузки до определенного предела.

На каждый опасный производственный объект разрабатывается план ликвидации последствий аварии (ПЛА). В плане определены лица, которые должны действовать сразу по поступлению сигнала «Открытый фонтан», не дожидаясь дополнительных указаний. План ежегодно корректируется, в него вносятся соответствующие поправки [4].

Необходимо отметить, что противofонтанные службы осуществляют свою деятельность на основании свидетельства полученного в процессе аттестации.

Руководитель ПФВЧ при ликвидации аварии создает оперативную группу из трех звеньев: оперативного, страхующего и газометрического. Обязанности каждого звена определены инструкцией по ликвидации. Оперативное звено ведет работы на устье фонтана, страхующее в полной экипировке держит связь с оперативным звеном, следит за обстановкой на скважине, занимается эвакуацией пострадавших [5].

Газометрическое - следит за границами опасной зоны, перерывает подъездные пути и контролирует состояние воздушной среды в опасной зоне.

Оперативное звено задействованное в ликвидации аварии состоит из следующих должностей:

- респираторщик (боец) принимающий непосредственное участие в ликвидации аварии;
- командир отделения, как правило четыре респираторщика в одном отделении;
- командир взвода, в подчинении которого от двух до трех отделений;
- помощник командира отряда;
- командир отряда.

Отряд непосредственно подчиняется головному аппарату управления ПФВЧ.

Персонал ПФВЧ должен:

- пройти обучение по специальной программе;
- иметь допуск на ведение работ по ликвидации;

- быть допущен по состоянию здоровья к такому виду работ;
- пройти инструктаж по технике безопасности.

Работами по ликвидации руководит штаб, который создается при возникновении аварийной ситуации. В состав штаба входят инженерно-технические работники предприятия у которого произошло открытое фонтанирование, представитель военизированной части, пожарной службы, медицинской и др. служб участвующих в ликвидации фонтана. Начальником штаба назначается старшее должностное лицо от предприятия где произошла авария. Ответственный исполнитель работ является старшее должностное лицо противofонтанной службы. Пожарные расчеты, медицинские службы относятся к вспомогательным службам и непосредственно подчиняются начальнику штаба и ответственному исполнителю работ. Решениями штаба определяются и обозначаются красными флажками границы аварийной зоны. Выставляются предупреждающие знаки «Вход и въезд запрещен», «Огнеопасно» [5] и др.

Основные противofонтанные работы:

- спасение людей;
- разведка и расчистка устья фонтана;
- определить маршруты входа и отхода из аварийной зоны;
- работы по ликвидации с использованием специального снаряжения и оборудования.

Причины возникновения открытых фонтанов:

- ошибки на этапе геологоразведки скважины;
- низкое качество монтажа;
- человеческий фактор и др.

Аварии на буровых приносят огромный материальный ущерб народному хозяйству, природе и персоналу.

Рассматривая пример реального бедствия на буровой, можно выявить определенные закономерности.

Причиной масштабной аварии на буровой в январе 2015 года в Ямало-Ненецком автономном округе была разгерметизация задвижки оборудования на устье газовой скважины. Произошло воспламенение фонтана. Одна струя фонтана была в основании буровой вышки. От высокой температуры опора деформировалась и упала, зацепив оборудование соседней скважины. Горели обе скважины (рисунок).

Штаб по ликвидации прорабатывал различные варианты растащить металлические конструкции. Артиллерию по соображениям безопасности не применяли. Пробовали резать трубы лазерной установкой, но наличие в атмосфере примесей флюида, осадков, пара снизили эффективность лазера [6].



Рис. Возгорание на устье газовой скважины

Возрастающий спрос на углеводородное сырье во всем мире стимулирует разведку новых месторождений, наращивание добычи нефти и газа. Сейчас буровые вышки с материка шагнули в воды Арктики, а это другие условия и другие технологии. Для работы в таких условиях требуется современное буровое оборудование с высокой степенью безопасности ведения работ.

Список использованных источников

1. Закон РФ от 21 февраля 1992 года № 2395–1 «О недрах».
2. «Инструкция по организации и проведению профилактической работы по предупреждению возникновения открытого фонтанирования скважин на предприятиях нефтяной промышленности» (приказ Минэнерго России от 15 февраля 2001 г. № 52).
3. Федеральный закон от 22 августа 1995 года № 151 ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей».
4. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116 ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
5. «Инструкция по организации и безопасному ведению работ при ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов». (Москва, 2003)
6. «Инструкция по предупреждению газонефтеводопроявлений и открытых фонтанов при строительстве и ремонте скважин в нефтяной и газовой промышленности. РД 08-254-98» (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 31.12.1998 № 80).

Методика расчётов моторизованного орудия для прокладки опорных полос на базе бензопилы «STIHL MS 440»

Орловский Сергей Николаевич

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет

Аннотация: В статье изложена методика расчётов моторизованного орудия для прокладки минерализованных опорных полос на базе бензопилы “STIHL MS 440”, приведена методика расчета. За счёт применения нового метода аналитического расчёта торцовых фрез, учёта влияния кинетической энергии вращающихся масс для преодоления перегрузок при встрече рабочего органа с пнями, корнями, и валежником, снижения динамических нагрузок в трансмиссии привода рабочего органа производительность разрабатываемого орудия возрастает по сравнению с его ближайшими аналогами на 20 - 30 процентов.

Возможно применение орудия для решения задач гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, а именно спасения лесных посёлков от пожаров.

Ключевые слова: Опорные полосы, отжиг, орудие, фреза, конструкция, расчёты, результаты.

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]. 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 орудия на базе бензопил, которые позволяют повысить эффективность работ по борьбе с лесными пожарами [1].

Одной из самых распространённых технологических операций при локализации лесных низовых пожаров является выполнение отжига от минерализованной опорной полосы. Орудие ПРМ – 0,5 на базе бензопилы «Тайга – 214» было разработано сотрудниками ВНИИПОМлесхоза Ю. А. Худоноговым и И. Ю. Брюхановым для оснащения подвижных групп пожаротушения в 2005 году с целью замены ручного труда и повышения производительности работ по прокладке опорных минерализованных полос и предназначено для оснащения авиадесантных команд «Авиалесоохраны» и наземных групп пожаротушения.

На выходном, валу редуктора с помощью муфты был установлен рабочий орган, представляющий собой торцевую фрезу с тремя ножами и диском, жестко закрепленном за ней на общем валу. Ножи фрезы имеют криволинейную режущую кромку и отогнутые назад концы. Полоса при этом формируется из прорезаемой фрезой канавки и прилегающего к ней валика выброшенного из канавки грунта. Конструкция фрезы защищена патентом РФ № 2257038. В сложенном положении полосопрокладыватель переносится одним рабочим за спиной. Производительность при прокладке полосы «в развал» составила 300 - 400 м/ч, при прокладке «в свал» - 150-250 м/ч.

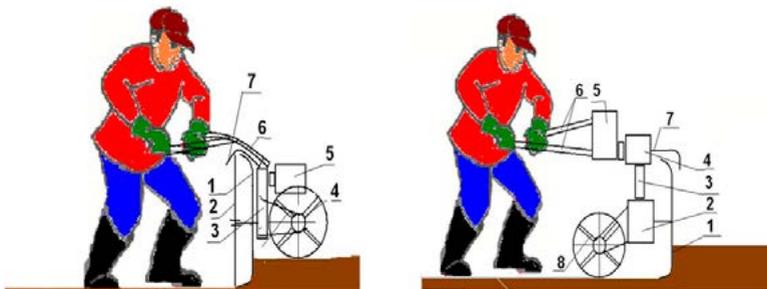
ПРМ – 0,5 имеет главный недостаток – размещение вращающегося с высокой скоростью фрезерного рабочего органа со стороны ног рабочего. При выглублении фрезы на корне дерева диск также поднимается и практически не исключено попадание ноги рабочего в зону резания при скорости 8 – 12 м/с, с неизбежной тяжёлой травмой в удалённом районе в лесу без возможности транспортирования пострадавшего. Кроме того, применение полосопрокладывателя ПРМ-0,5 требует (см. выше) выполнения от двух до четырёх проходов по полосе.

Целью выполнения работ по проекту является создания орудия, которое было бы лишено перечисленных выше недостатков ПРМ-0,5. Для этой цели нужно было решить следующие задачи:

- снизить массу орудия;
- обеспечить непрерывность технологического процесса;
- обеспечить возможность доставки орудия к месту лесного пожара посредством его переноски рабочим.

В предлагаемом полосопрокладывателе в качестве рабочего органа используются две фрезы, которые приводится в движение двигателем мощностью 4 кВт от бензопилы “STIHL MS 440”. Этот агрегат исключает работу в 2 или 4 прохода, как это приходится делать с ПЛМ-0,5. Полоса выполняется за 1 проход, ширина её более чем в два раза превышает полосу принятого за прототип орудия. Отказ от рамы позволит снизить металлоёмкость и повысить эффективность прокладки опорных полос.

Рабочий удерживает орудие, перемещающееся на опорных колёсах по дну проложенных борозд, за рукоятки. Фрезы должны располагаться от ПРМ-0,5 впереди редуктора (Рис. 1 А, Б).



А
 1 - фреза; 2 - диск защиты ног рабочего;
 3 - редуктор; 4 - колёса; 5 - бензопила;
 6 - удлиненные рукоятки управления;
 7 - защитный кожух

Б
 1 - фрезы; 2 - бортовые редукто-ры; 3 - при-
 водные валы; 4 - цен-тральный редуктор;
 5 - бензопила ; 6 -рукоятки управления;
 7 - за-щитный кожух; 8 - колёса

Рис. 1. Схема работы с ПРМ-0,5 А и проектным орудием Б

При работе с проектным орудием можно уменьшить время подготовки опорной полосы [2].

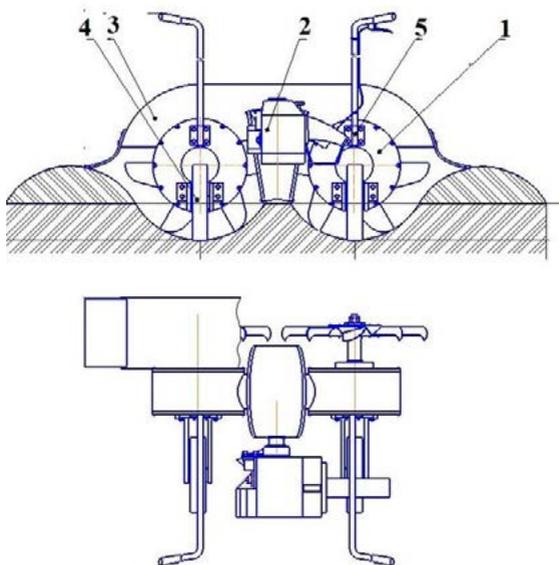
Применение орудия снижает себестоимость работ и их трудоемкость, за счет повышения производительности труда и уменьшения затрат на его эксплуатацию.

Выбор оптимальных режимов резания, геометрии резов, расчёт мощности бензопилы и её выбор

Лесная подстилка и живой напочвенный покров (далее по тексту - подстилка) представляют собой волокнистую среду, для которой теоретические основы расчёта процессов резания грунтов не подходят и могут быть заменены с большей точностью математическими зависимостями, основывающимися на законах теории упругости и пластичности.

Рабочая скорость перемещения орудия первоначально в расчётах принята равной 0,3; 0,6 и 0,9 м/с, диаметр фрезы по концам ножей выбран конструктивно по аналогии с орудием ВНИИПОМлесхоза конструкции А. И. Брюханова из расчета достижения требуемой ширины опорной полосы не менее 300 мм и составляет 200 мм. Принятый тип полосопрокладывателя двухфрезерный.

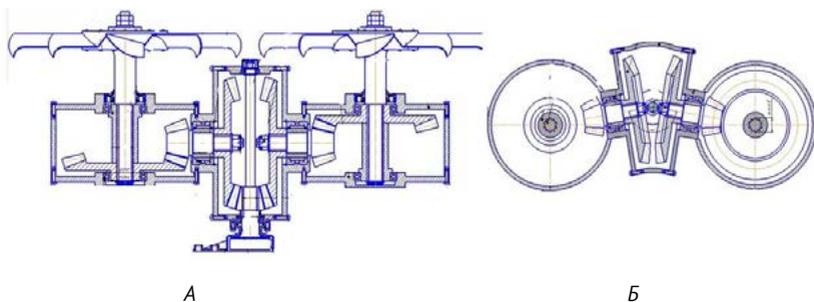
Общий вид проектного орудия представлен на рис. 2.



1 – фрезы, 2 – бензопила, 3 – кожух, 4 – колесо, 5 – рукоятка
 Рис. 2. Общий вид проектного орудия

На орудие с торцевой фрезой (рабочим органом), установлены ножи с отогнутой режущей кромкой, что обеспечивает свободный характер резания по критерию минимума энергоёмкости. Все описанные и остальные параметры необходимые для расчета орудия заданы как исходные данные к проекту.

Цель расчётов – определение оптимальных режимов резания и геометрии резцов на стадии проектирования аналитическим методом и проектирование на основе полученных данных рабочего органа полосопрокладывателя [2]. На рисунке 3 А и Б представлена конструкция редуктора орудия.



А – вид сверху, Б- Вид спереди
 Рис. 3. Конструкция редуктора орудия

Таблица 1. Исходные данные для математической модели проектируемого орудия

Наименование параметра	Значение
Диаметр фрезы по концам режущих ножей, Оф, м	0,2+-0,02
Глубина фрезерования, Нф, м	0,07
Ширина сегмента фрезерования, м	0,15
Толщина слоя подстилки, һп, м	0,02 - 0,03
Рабочая поступательная скорость, Уд, м/с	0,3; 0,6; 0,9
Окружная скорость фрезы Ур, м/с	8; 16; 24
Число ножей z, шт	6
Угол резания, β0, град	30°
Угол установки лезвия резца относительно радиуса фрезерного диска в плоскости резания, α, град	450
Угол внешнего трения грунта, φг., град	24,5°
Угол внешнего трения подстилки, φп, град	40,5°
Угол внутреннего трения грунта, ρг, град	29°
Угол внутреннего трения подстилки, ρп, град	21°
Удельный вес грунта, γ0г Н/м ³	17850
Удельный вес подстилки, γ0п Н/м ³	8000
Предельное напряжение сдвига грунта, Θг, Па	68670
Предельное напряжение сдвига подстилки, Θп Па	16400
Пнистость разрабатываемой среды, ξ %	5
Ширина лезвия ножа, В, м	0,03
Коэффициент сопротивления вязкопластическому течению грунта Косрг	11106
Коэффициент сопротивления вязкопластическому течению подстилки Косрп	3050
КПД отбрасывания разрабатываемого материала, η,	0,7
КПД трансмиссии, ηтр	0,85

Баланс затрат удельной работы на прокладку опорной полосы тракторным агрегатом определяется по выражению [2]:

$$e_{\Sigma} = e_{упр\Sigma} + e_{\lambda_2} + e_{\lambda_1} + e_k + e_p + e_{отбр} + e_{тр} \quad (1)$$

где e_r – работа на преодоление сопротивления упругих сил резания грунта при прохождении ножом дуги контакта с залежью, Дж/м³;

e_p – работа на преодоление сопротивления упругих сил резания подстилки при прохождении ножом дуги контакта с залежью, Дж/м³;

e_{λ_1} – работа на преодоление сопротивления вязкопластического течения продуктов резания подстилки при прохождении ножом дуги контакта с залежью, Дж/м³;

e_{λ_2} – работа на преодоление сопротивления вязкопластического течения продуктов резания грунта при прохождении ножом дуги контакта с залежью, Дж/м³;

e_k – работа на прорезание древесных включений (корней и валежа), Дж/м³;

$e_{отбр}$ – работа на сообщение кинетической энергии продуктам резания, Дж/м³;

$e_{тр}$ – работа на преодоление трения в трансмиссии привода рабочего органа орудия, Дж/м³.

Произведём расчёты затрат энергии на прокладку опорных полос в лесных почвах согласно исходным данным, приведённым в таблице 1. Расчёты выполним для скоростей движения 0,3; 0,6 и 0,9 м/с при скоростях резания 8, 16 и 24 м/с (частоте вращения фрезерного диска диаметром 200 мм 12,7, 25,5 и 38,2 с⁻¹).

Баланс затрат удельной работы на прокладку опорной полосы выполняется по элементам процесса для скоростей движения 0,3 - 0,9 м/с, резания 8 - 24 м/с в компьютерной программе Freza_p, разработанной на кафедре ТМП [3]. В таблице представлен ввод исходных данных. Вводим скорости резания и движения, углы резания и установки резца, толщину слоя грунта и подстилки, углы их внешнего и внутреннего трения, удельный вес грунта и подстилки, напряжение их сдвига, глубину фрезерования, число ножей и их ширину, пнистость, КПД трансмиссии и КПД отбрасывания. Результаты расчётов затрат мощности представлены в таблице. По этим данным строим графики энергоёмкости от скоростей резания, движения, углов наклона резцов и скоростей резания. Также выбираем режим резания. Оптимальными приняли скорость резания 8 м/с; движения 0,3 м/с; угол резания 300 и угол наклона резца 450.

На основании выбранных параметров рабочего органа были произведены расчёты конструкции полосопрокладывателя. Он состоит из базовой бензопилы “STIHL MS 440 мощностью 4 кВт, которая крепился к центральному редуктору. К его корпусу под углом 150° крепятся бортовые редуктора. К их корпусам крепятся опорные колёса и кожух, а также рукоятки. Муфта сцепления пилы входит в чашку валика, на котором расположена малая коническая шестерня, с которой сцеплены колеса. С них момент передаётся на валы бортовых редукторов. Корпус редуктора литой из дюралю. На концах выходных валов крепятся дисковые фрезы. Полоса выполняется за 1 проход, ширина её составит 0,9 – 1,2 м. Фрезы располагаются отличие от прототипа впереди редуктора, что повышает безопасность работы. При отпуске рукоятки газ сбрасывается,

Полученные данные по затратам мощности на прокладку опорной полосы данные представлены в таблице 2 (в сокращённом виде).

Таблица 2. Результаты определения затрат мощности, кВт на прокладку опорной полосы в лесных почвах одной торцевой фрезой диаметром по концам ножей 200 мм [3].

Врез	Вдв	α	β°	$W\Sigma^*$	N пр.гр	Nупр п	Nлг	N лп	Nпн	Нотбр	Нтрен. транс
8	0,3	15	60	2325	486	92	494	42	1115	94	348
8	0,3	30	30	1894	246	48	358	31	1115	94	284
8	0,3	30	60	2115	322	64	473	46	1115	94	317
16	0,3	30	30	3516	343	78	461	39	2218	376	527
16	0,3	30	60	4031	552	124	691	68	2218	376	605
16	0,3	45	30	3362	206	44	476	41	2218	376	504
24	0,6	30	60	8623	1873	451	1164	114	3330	1689	1293
24	0,6	45	30	6610	518	123	871	77	3330	1689	991
24	0,9	45	60	9059	1283	322	1451	129	3338	2534	1358

Примечание: * Курсив – превышение затрат мощности, Ж – мощность достаточна для привода фрез

При наличии пластичного гасителя потока экскавируемого грунта возможно получить качественное присыпание лесных горючих материалов слоем разрыхлённого грунта на ширине полосы в пределах 0,8 – 1,5 м. Ширина присыпанной грунтом опорной полосы определится из соотношения площади вырезанного грунта и засыпки при толщине слоя 2 - 3 см и составит около 1 м.

При ширине прокладываемой фрезой полосы 0,15 м общая ширина канавки составит 0,4 м, а полосы около 0,9 – 1,2 м, то есть при низовых пожарах низкой интенсивности данная полоса может выполнять функции заградительной, при более интенсивных пожарах она должна служить опорной линией для выполнения отжига [4].

Оптимальными по критерию минимума энергоёмкости можно считать скорость резания 8 м/с, угол резания не более 300 и угол наклона лезвия резца к плоскости фрезерного диска 450.

Фрезы располагаются в отличие от прототипа впереди редуктора, что повышает безопасность работы. При отпуске рукоятки газ сбрасывается, муфта отключается и фрезы останавливаются.

Заключение

Борьба с лесными пожарами остается на сегодняшний день одной из актуальнейших проблем. Учитывая особенности Сибири, большое разнообразие климатических и лесорастительных условий на ее территории, можно констатировать, что особенно остро этот вопрос стоит в данном регионе. Отсутствие технических возможностей, невысокий уровень организации охраны осложняют пожарную проблему.

Работы по тушению лесных пожаров производятся в конкретных условиях, отличающихся скоростью распространения кромки пожара, его интенсивностью, развитостью дорожной сети, удалённостью, наличием водоисточников и другими факторами. Для их оперативного тушения необходимо иметь технические средства, которые могут быть доставлены к очагу горения в кратчайшие сроки, пока пожар ещё возможно потушить небольшими силами. В условиях хронического недостатка финансирования системы авиационной охраны лесов и лесного хозяйства России в целом оптимальным является в данных условиях вариант минимизации затрат на тушение, что позволит организовать выполнение работ с рациональным количеством сил и средств.

Создание проектируемого орудия позволит применить оптимальные по критериям минимального экономического, экологического или суммарного ущерба технологии тушения лесных пожаров на различных стадиях их развития. Применение лёгких моторизированных лесопожарных орудий позволит организовать тушение лесных пожаров при минимальных затратах и ущербе.

Проектируемое орудие при его производстве позволит решить часть проблемы тушения лесных пожаров, защиты от их неблагоприятных факторов прилегающих к лесам посёлков, людей и техники, не допустить случаев гибели людей, снизить размеры наносимого лесными пожарами ущерба, предупредить и потушить пожары в припоселковых лесах, не допустить возникновения пожаров при проведении сельскохозяйственных палов.

Список использованных источников

1. Орловский, С.Н. Лесные и торфяные пожары, практика их тушения в условиях Сибири (учебное пособие с грифом СибРУМЦ) / Красноярск, КрасГАУ, 2003. 162 с.
2. Орловский С.Н. Определение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активных рабочих органов машинно-тракторных агрегатов: моногр. Красноярск, КрасГАУ, 2011. 376 с.
3. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007610363, заявка № 2006613951. Расчет энергоёмкости резания лесных почв с подстилкой торцовыми фрезами и затрат мощности на резание и выполнение технологического процесса (Fresa_n) / Орловский С.Н., Комиссаров С.В., Карнаухов А.И. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.01.2007.
4. Шуктомов, Е. Ю., Фролов Н. С. Перминов А. В., Боярский Т. П., Полевой справочник лесного пожарного. 2000. 78 с.

Анализ использования образовательных видеоматериалов в системе подготовки населения и специалистов в области гражданской защиты

Михальцов Дмитрий Викторович

Бояринова Светлана Петровна

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация: В статье представлен анализ использования видеоматериалов для подготовки населения и специалистов в области гражданской защиты. Приведено обоснование необходимости внедрения образовательных видеоконплексов в системе подготовки. Представлены результаты проведенного социологического исследования, направленного на определение уровня усвоения обучающимися учебного материала с использованием различных образовательных технологий.

Ключевые слова: ГО, ЧС, МЧС, образовательный видеоконплекс, гражданская защита, РСЧС.

В современном обществе невозможно обойтись без информационных технологий, которые позволяют совершенствовать сложившиеся подходы в обучении и профессиональной деятельности. В плане обучения речь идет даже не столько об упрощении, сколько о доступности и легком понимании материала, который предоставляется для изучения той или иной области.

Наглядность – это главный признак, который определяет доступность изучения и понимания информации населением. Ведь куда интереснее смотреть документальный фильм, нежели слушать или читать лекцию. Это подтверждается данными ученых об исследованиях взаимодействия человеком различных каналов восприятия информации в процессе обучения.

Считается, что через визуальный (зрительный) канал человек воспринимает до 60 % информации, аудиальный (слуховой) канал – до 30 %, смысловой канал (восприятие) – лишь 10 % (рис. 1). Очевидно, что главенствующую роль играет визуальное восприятие информации. Кроме того, утверждается, что при одновременном визуальном и аудиальном воздействии человек воспринимает 70 % информации [1].

Понятие «информационные технологии в образовании» – это педагогические технологии, использующие специальные способы, программы и технические средства для работы с информацией.

Образовательные видеофильмы являются важной частью информационных технологий, которые используются в процессе передачи и приобретения новых знаний и считаются одним из наиболее эффективных средств в обучении. Образовательные видеофильмы делятся на несколько категорий: учебные фильмы, методические фильмы, научно-познавательные фильмы (рис. 2) [2].

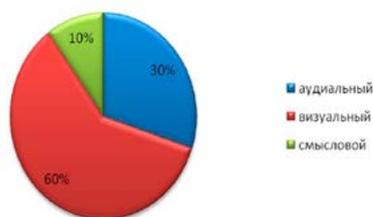


Рис. 1. Соотношение восприятия информации в процессе обучения по различным каналам



Рис. 2. Учебный видеоролик «Инструктаж по гражданской обороне. Действия в чрезвычайных ситуациях»

Процесс создания образовательного видеофильма состоит из следующих этапов:

1. Определение идеи фильма и ее концептуализация.
2. Подготовка сценария.
3. Режиссирование.
4. Оформление заставок.
5. Монтаж.
6. Подбор фоновой музыки.
7. Авторинг (создание главного меню видеофильма).
8. Таким образом, осуществляется целый творческий процесс, разбитый на определённые этапы, направленные на достижение главной цели – это создание образовательного видеофильма.
9. Образовательный видеоконкурс – это современная, эффективная форма представления большой учебной программы. Учебные видеоматериалы представляют собой подборку учебных видеозаписей, соответствующих лекционному и/или практическому курсу, позволяющих организовать различные формы обучающей работы в интерактивном или дистанционном формате.
10. Выявленные в результате проведенного анализа преимущества и недостатки использования видеоконкурсов в процессе обучения представлены в табл. 1.

Таблица 1. Анализ преимуществ и недостатков использования видеоконлекса

Преимущества	Недостатки
доступность	отсутствие живого общения
экономия времени	отсутствие индивидуального подхода
комфортность	
эффективность	
наглядность	

К преимуществам использования видеоконлексов относится доступность. В современном мире, чтобы найти интересующий нас материал, чаще всего достаточно обратиться к поиску в сети Интернет, включить интересующий видеоролик и приступить к изучению.

Экономия времени. Получение информации по видеороликам позволяет экономить время за счет отсутствия необходимости в перемещении в библиотеку или учебное заведение.

Комфортность. Каждый человек индивидуален. Кому-то нравится находиться в больших аудиториях, а кому-то комфортнее остаться дома и изучать материал, не отвлекаясь на других людей. Для таких случаев дистанционное обучение по видеороликам будет являться наилучшим вариантом.

Эффективность. В соответствии с данными статистики, самый эффективный способ передачи информации – визуализация (видеоконтент). Отмечается устойчивая динамика роста востребованности видеоконлексов у пользователей сети Интернет (рис. 3). Это подтверждает, что эффективность подачи такой информации населению выше, большинство людей являются визуалистами и им проще воспринимать и усваивать учебный материал, который преподносится посредством видеоматериала и других визуальных средств.

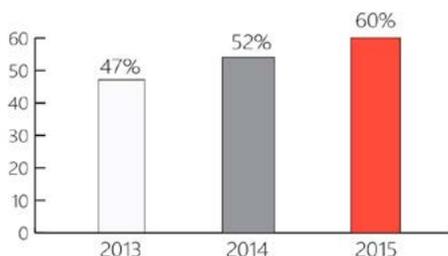


Рис. 3. Статистика интереса пользователей к образовательному видеоконтенту в сети Интернет

Наглядность. Это способность быть легко воспринимаемым зрительно или логически.

Рассмотрим выявленные недостатки при использовании видеокомплексов. Отсутствие живого общения и индивидуального подхода (характерно для дистанционной формы обучения). При подаче материала только в формате видео, ответы на возникающие вопросы придётся искать самостоятельно. А находясь в одной аудитории с лектором, всегда есть возможность общения. В этом плане можно судить об ограниченной глубине изучения предмета, определяемой проработанностью конкретного видеоматериала.

Проведенный анализ применимости видеокомплексов в системе подготовки населения и специалистов в области гражданской защиты позволил получить ряд важных выводов.

Для лучшего запоминания информации, касающейся обеспечения безопасности, уже существует множество различных видео- и фото материалов, посредством которых у населения и специалистов в этой области формируются общие представления и профессиональные знания. Это происходит в том числе благодаря применению в сложившейся системе подготовки учебных, методических и научно-познавательных видеоматериалов [3;4;5;6].

В качестве примера рассмотрим сборник учебных фильмов по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям (рис. 4).



Рис. 4. Сборник учебных фильмов по ГО и ЧС

Данный образовательный видеокомплекс позволяет обучить работников оценивать обстановку в условиях угрозы чрезвычайной ситуации и планировать защитные мероприятия. Фильмы, входящие в состав видеокомплекса, выполнены в формате показа презентаций с голосовым сопровождением, видео-выступлений преподавателей, и интервью с представителями МЧС России и взаимодействующих организаций по вопросам обеспечения безопасности.

В сети Интернет обучающие видеоматериалы по вопросам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям представлены на различных онлайн-платформах. Разработано много видеороликов для любого возраста и уровня знаний, как для детей, так и для взрослых. Все сделано с одной целью – доступность и наглядность информации в области защиты населения.



Рис. 5. Перечень учебных видео и мультфильмов для населения по вопросам гражданской защиты

С целью оценки общественного мнения по рассматриваемому вопросу был проведен социологический опрос. Для опроса были отобраны 60 человек, в том числе 20 из которых получили 6-минутный учебный видеоролик по подготовке населения в области гражданской защиты; другие 20 человек только стенограмму (субтитры, текст лекции) того же самого видеоролика; остальные 20 человек получили только аудиофайл из того же видеоролика. После этого респондентам были заданы 10 одинаковых контрольных вопросов по изученному материалу. Результаты ответов на контрольные вопросы представлены в виде гистограммы на рис. 6.

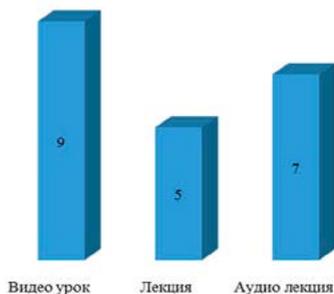


Рис. 6. Количество правильных ответов в различных группах

Максимальный результат усвоения учебного материала показала группа, которая изучала обучающий видеоролик. Наименьшее количество правильных ответов было получено в группе, которая изучала текст.

Результаты опроса показывают, что для лучшего усвоения материала населением и специалистами необходимо более активно использовать образовательные видеоконспекты.

Опираясь на полученные результаты проведенного анализа использования образовательных видеоматериалов в системе подготовки населения и специалистов в области гражданской защиты, на следующем этапе планируется разработать собственные обучающие видеоролики для использования в составе образовательного видеоконлекса.

Список использованных источников

11. Анисимова Н.С. Мультимедиа-технологии в образовании: понятия, методы, средства. Монография. – Санкт-Петербург: Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2002. – 90 с.
12. Учебные фильмы по ГО и ЧС. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forum-media.ru/bezopasnost/bezopasnost-filmy-plakaty-diski/uchebnyefilmy-po-go-i-chs.html> (Дата обращения 15.10.2020).
13. Образовательные фильмы для населения. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://иванов-ам.рф/go/go_film.html (Дата обращения 15.10.2020).
14. Поляков В.М. Использование видеофильмов в учебном процессе. – Н. Новгород: ВГИПА, 2003. – 91 с.
15. Подготовка населения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/grazhdanskaya-oborona/podgotovka-naseleniya> (Дата обращения 15.10.2020).
16. Инструктаж по гражданской обороне. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.specoborona.ru/products/435/6823/> (Дата обращения 15.10.2020).

Современное состояние исполнения контрольно-надзорных функций в области пожарной безопасности в Российской Федерации

Дашко Сергей Александрович¹

Калач Елена Владимировна²

кандидат технических наук, доцент

Агабеков Вадим Борисович²

¹ГУ МЧС России по Краснодарскому краю

²ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет

МЧС России выстроена система комплексной профилактики рисков причинения вреда охраняемым законом ценностям (далее система профилактики). Данная система состоит из субъектов профилактики и принимаемых ими профилактических мер. Главная задача системы профилактики состоит в том, чтобы координировать и мониторить деятельность данных субъектов профилактики во избежание или минимизации числа несчастных случаев [1].

Одной из наиболее серьезных проблем, требующих пристального внимания и должного уровня профилактики, является пожарная безопасность. В современном мире пожарная профилактика является неотъемлемой частью любой сферы деятельности человека. Список всех профилактических мер, задач и правил, который должно исполнять ответственное лицо, достаточно обширен. В этот список входит все от соблюдения правил пожарной безопасности до поддержки добровольных пожарных дружин.

Государство берет задачу пожарной безопасности под жесткий контроль. Участилось количество комплексных проверок государственных учреждений и производств. Вместе с этим увеличилась статистика выписывания штрафов об административных нарушениях.

При рассмотрении статистики возбужденных дел об административных правонарушениях за 2018 и 2019 годы выяснилось, что рост числа возбужденных дел составил 10,9 % (174066 в 2018 году против 193042 в 2019). В 2018 году в отношении физических лиц возбуждено 129933, а в 2019 году 142032 дела об административных правонарушениях. Рост – 9,3 %. В отношении юридических лиц 44132 дела составили в 2018 году, в 2019 – 51010. Рост количества составил 15,6 %.

В области пожарной безопасности замечена тенденция снижения выписанных штрафов и предупреждений, относящихся к административной ответственности, надзорными органами МЧС России. В 2018 году было привлечено к ответственности 161072 лица, в 2019 – 163507. Число снижения составило 1,5 %.

Сумма назначенных штрафов составляет 1119647000 рублей. Процент лиц, которым были выписаны штрафы в 2019 году по сравнению с 2018, также снизился на 6,1 %.

Количество взысканных штрафов – 48978 штрафов на сумму 799 409 тыс. руб. (в 2018 – 46978 штрафов на сумму 1 080 703 тыс. руб.). Исполнено 78,8% штрафов от количества назначенных (в 2018 – 81 %). Количество пожаров увеличилось на 257о/о, погибших – на 8,3%, травмированных снижено на 1,8%, материальный ущерб увеличился на 17,1 %. По количеству погибших детей показатель снижен на 7,7%. [1].

На протяжении 2014-2018 года обстановка с пожарами в Российской Федерации имеет устойчивую положительную динамику, приведенную на рис. 1 [2].

Год	Наименование показателя	ФГИС "ФБД "Пожары" (ведомственная статистика МЧС России)	Сведения о пожарах и их последствиях на объектах федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц, осуществляющих самостоятельный учет пожаров и их последствий	Итого по РФ
2014	Кол-во пожаров, ед.	152695	307	153002
	Кол-во погибших людей, чел.	10237	16	10253
	Кол-во травмированных людей, чел.	11079	10	11089
	Прямой ущерб, тыс. руб.	18343858	379455	18723313
2015	Кол-во пожаров, ед.	145942	267	146209
	Кол-во погибших людей, чел.	9405	14	9419
	Кол-во травмированных людей, чел.	10962	15	10977
	Прямой ущерб, тыс. руб.	22461847	408520	22870367
2016	Кол-во пожаров, ед.	139475	228	139703
	Кол-во погибших людей, чел.	8749	11	8760
	Кол-во травмированных людей, чел.	9905	4	9909
	Прямой ущерб, тыс. руб.	13418423	905406	14323829
2017	Кол-во пожаров, ед.	132844	233	133077
	Кол-во погибших людей, чел.	7816	8	7824
	Кол-во травмированных людей, чел.	9355	6	9361
	Прямой ущерб, тыс. руб.	13767378	449895	14217273
2018	Кол-во пожаров, ед.	131840	234	132074
	Кол-во погибших людей, чел.	7909	4	7913
	Кол-во травмированных людей, чел.	9642	8	9650
	Прямой ущерб, тыс. руб.	15517156	396349	15913505

Рис. 1 Сведения о пожарах и их последствиях в Российской Федерации за 2014-2018 гг. [2]

В 2019 году ежедневно регистрировалось около 1292 пожаров, в результате которых гибли 23 человека, 26 получали серьезные травмы. Разрушительная сила огня уничтожила 127 строений, причиняя ущерб в 49,8 млн. рублей. По подсчетам специалистов ущерб, нанесенный одним пожаром, оценивался в 38,5 тыс. рублей. Количество погибших и получивших травмы на 100 тыс. человек – 5,8 чел. и 6,4 чел. соответственно.

Сведения о пожарах и их последствиях, произошедших на объектах, в соответствии с присвоенными категориями риска, приведены на рис. 2.

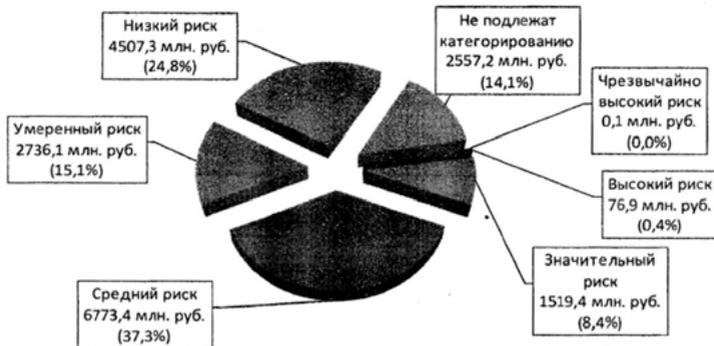


Рис. 2. Распределение материального ущерба от пожаров по категориям риска объектов защиты

Многие показатели гибели и травматизма людей в результате пожара в 2019 году понизились в своих значениях. Все это благодаря комплексу мероприятий, которые организовывались Главными управлениями МЧС России по многим регионам нашей страны. Принятые меры были предназначены для предупреждения пожаров и снижения причиненного ими ущерба. Также был разработан новый порядок ведения статистики возникновения пожаров, которая показывала не только количество пожаров и нанесенный ими ущерб, но и говорила об эффективности работы тех или иных служб.

Надзор за соблюдением пожарной безопасности осуществляется специальными службами, которые носят название контрольно-надзорных органов (КНО). Полномочия для выполнения своих функций органов государственного пожарного надзора очень широки и разнообразны. Они работают вместе с органами исполнительной власти и прокуратурой.

В компетенцию органов государственного пожарного контроля входят следующие функции:

- контроль и надзор за соблюдением требований пожарной безопасности во всех сферах жизни общества;
- дознание и делопроизводство по делам об административных правонарушениях в области пожарной безопасности;
- ведение учета по пожарам и нанесенным ими ущербам;
- работа с гражданами и предприятиями в вопросах обеспечения пожарной безопасности.

Задача всех КНО состоит в выявлении, пресечении и предупреждении правонарушений в поднадзорной им сфере. Как правило, внесение изменений в обязательные требования пожарной безопасности осуществляется на плановой основе по результатам систематической оценки нормативных документов с экспертным сообществом.

Оценка административной нагрузки на организации и предприятия, создаваемой контрольно-надзорными ведомствами представляет собой важную составляющую мониторинга реформы контрольно-надзорной деятельности.

С одной стороны, риск-ориентированный подход и общий курс на снижение числа плановых проверок сокращают возможности для выдачи предписаний и наложения штрафов, и показателем хорошей работы ведомства декларируется снижение количества обращений граждан.

С другой стороны, в основу оценки работы ведомства положено количество выданных и исполненных предписаний, наложенных и уплаченных штрафов, с негативными последствиями для руководителей инспекций с низкими позициями в рейтинге.

Такая особенность существующей системы регулирования вынуждает ведомство использовать единственные доступные способы достичь высоких показателей, когда появляется такая возможность, например, конструировать внеплановые проверки, используя подготовку к нему как основание проверки.

Для полного представления рассмотрим оценку качественных характеристик контрольно-надзорной деятельности, проведенную в рамках исследовательского проекта Высшей школы экономики, приведенную на рис. 3 – 7 [3].

В деятельность контрольно-надзорных органов в последние годы активно внедряется механизм оценки результативности и эффективности. Разработка данного механизма направлена на сведение к минимуму ущерба, наносимого здоровью людей и их материальных благ.

Деятельность ГПН входит в рамки своих функций и уже с минимальной частотой обременяет граждан. При вводе комплекса механизмов оценки деятельности ГПН проводился опрос и выяснение некоторых аспектов работы надзорно-контрольных органов, который показал, что лишь небольшому числу респондентов приходилось решать проблемы и получать нужные результаты негласной выплатой денежных средств. Это число составило 5 %.

К помощи специальных организаций и служб для положительного заключения прибегали 25 % опрошенных граждан. По словам 7 %, обращение к этим организациям было необходимым условием получения необходимого решения, которое предлагалось ГПН [4].

При оценке деятельности органов ГПН большое внимание уделялось критериям показателей эффективности их работы. Критерии выявляются по следующей формуле:

$$G = \sum_{i=1}^4 D_i \quad (1)$$

Данная формула включает показатели, учитывающие снижение или прирост погибших, снижение или прирост травмированных, снижение или прирост уничтожения материальных ценностей, развитие пожаров, применение различных мер воздействия при выявлении нарушений, число оформленных постановлений об административных правонарушениях, качество подготовки и расследования уголовных дел и т.д.

Порядок выставления оценок эффективности работы также определяется формулами. Если показатели количества погибших на 100 тыс. больше такого же показателя по России в среднем, то выставляется оценка «неудовлетворительно» (формула 2).

$$G \leq \frac{\sum_{i=1}^N G_i}{N} \quad (2)$$

Если количество погибших на 100 тыс. населения меньше или равно среднему показателю по России, то оценка «удовлетворительно» (формула 3).

$$G \geq \frac{\sum_{i=1}^N G_i}{N} \quad (3)$$

Анализ и обобщение оценки характеристик деятельности МЧС России позволяет сделать вывод о том, что достижение полученных показателей стало возможным во многом благодаря внедрению рискоориентированного подхода при осуществлении пожарного надзора устранены сплошные проверки подконтрольных субъектов, из сферы надзора выведено более 700 тыс. объектов низкой категории риска.

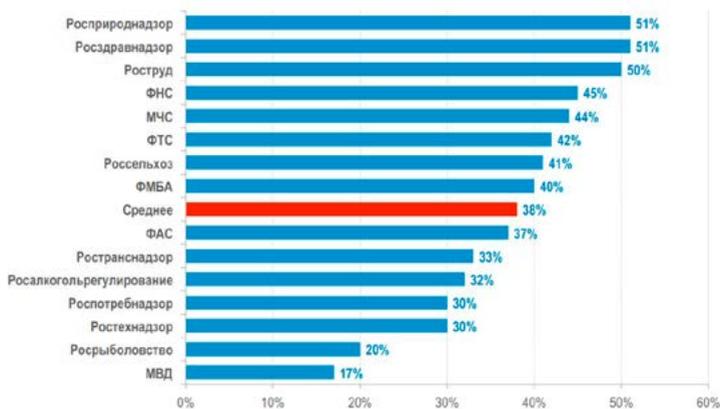


Рис. 3. Состояние достижения заданного уровня прозрачности и понятности контроля со стороны ведомств

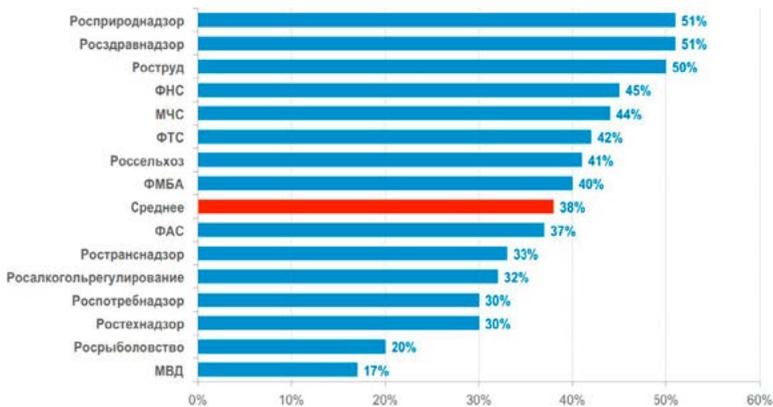


Рис. 4. Состояние достижения заданного уровня умного контроля ведомствами

Одновременно, исключены контрольные мероприятия в отношении всех субъектов малого предпринимательства. Преобладающая часть проверок осуществляется на критически важных, опасных производственных объектах, объектах жизнеобеспечения, здравоохранения, социальной сферы, образования, а также детских оздоровительных лагерях.

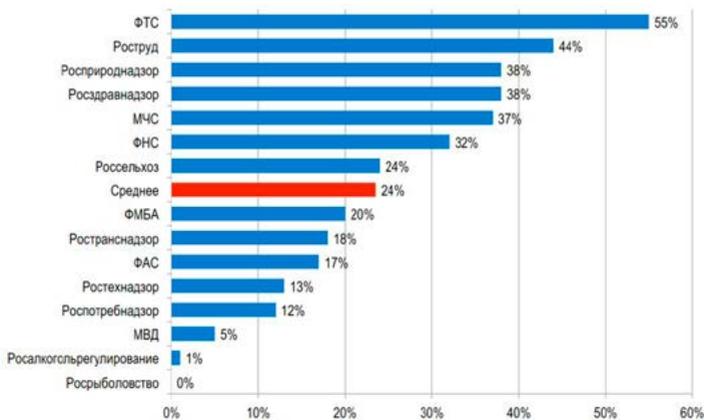


Рис. 5. Состояние достижения заданного уровня снижения затрат для бизнеса при осуществлении контроля со стороны ведомств

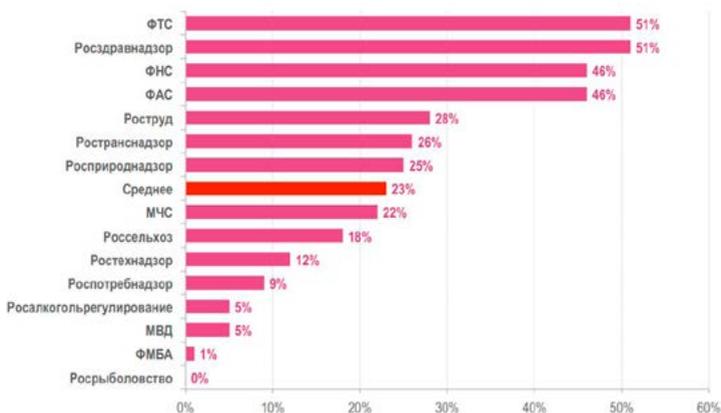


Рис. 6. Состояние достижения заданного уровня снижения затрат для государства при осуществлении контроля со стороны ведомств

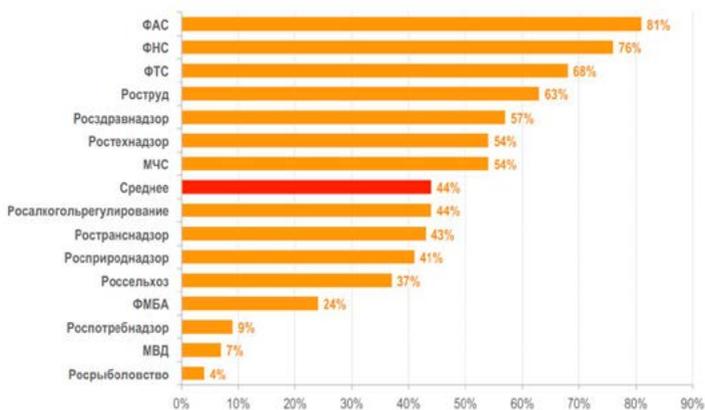


Рис. 7. Состояние достижения заданного уровня профессионализма инспектора при осуществлении контрольно-надзорных функций

В настоящее время активно развивается риск-ориентированный подход, согласно которому происходит реформирование работы государственных служб и ведомств. Для предотвращения вреда охраняемым законом ценностям необходима концентрация ограниченных ресурсов в зонах, где риск максимален. Риск-ориентированный подход представляет собой оптимальное использование всевозможных ресурсов, которые есть у государства, для повышения результативности действий служб государственного контроля.

В заключение отметим, что деятельность ГПН также требует доработок и совершенствования. Необходимо снятие различного рода барьеров, мешающих эффек-

тивности работы. Требуется разработка и реализация нормативно-правовых актов, которые будут однозначны в своей трактовке. Данные акты, в свою очередь, должны устанавливать требования в обеспечении безопасности, в том числе и пожарной; устранять имеющиеся противоречия в существующих законодательных актах и дублирования требований, предъявляемых к объектам контроля; упрощать процедуры надзорной деятельности и повышать уровень их открытости и публичности.

Список использованных источников

1. Интернет-ресурс МЧС Росси. – режим дотупа: www.mchs.gov.ru, свободный (1.10.2020).
2. Интернет-ресурс ВНИИПО. – режим доступа: www.vniipo.ru, свободный (1.10.2020).
3. Интернет-ресурс Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» Исследовательские проекты. – режим доступа: <https://www.hse.ru/org/projects/>, свободный (1.10.2020).
4. Игайкина И. И. Состояние и перспективы развития государственного противопожарного надзора и контроля [Электронный ресурс] / И.И. Игайкина, Ю.О. Дельцова // Научное обозрение: электрон. Журн. – 2018. - № 2. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).