

Министерство по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь»

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ И ВЗРЫВЕ

*Сборник материалов
XII Международной заочной научно-практической конференции*

26 января 2026 года

Минск
УГЗ
2026

УДК 614.841.41
ББК 38.96
П-78

Организационный комитет конференции:

Полевода Иван Иванович – начальник Университета гражданской защиты, д-р. техн. наук, профессор – председатель;

Члены организационного комитета:

Рябцев Виталий Николаевич – заместитель начальника Университета по научной и инновационной деятельности - начальник научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций, канд. техн. наук, доцент;

Ботян Сергей Сергеевич – начальник кафедры пожарной безопасности Университета гражданской защиты, канд. техн. наук, доцент;

Суриков Андрей Валерьевич – начальник кафедры организации надзорной и профилактической деятельности Университета гражданской защиты, канд. техн. наук, доцент;

Бирюк Виктор Алексеевич – заведующий кафедрой промышленной безопасности Университета гражданской защиты, канд. техн. наук, доцент;

Горошко Елена Юрьевна – доцент кафедры организации надзорной и профилактической деятельности Университета гражданской защиты, канд. юрид. наук, доцент;

Навроцкий Олег Дмитриевич – доцент кафедры автоматических систем безопасности Университета гражданской защиты, канд. техн. наук, доцент;

Осяев Владимир Александрович – доцент кафедры пожарной безопасности Университета гражданской защиты канд. техн. наук, доцент;

Минько Дмитрий Вацлавович – профессор кафедры промышленной безопасности Университета гражданской защиты, доктор техн. наук, доцент.

Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве
П-78 сб. материалов международной заочной научно-практической конференции: -
Минск: УГЗ, 2026. – 242 с.
ISBN 978-985-590-285-1

Тезисы докладов представлены в авторской редакции.

УДК 614.841.41
ББК 38.96

ISBN 978-985-590-285-1

© Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты»
Министерства по чрезвычайным
ситуациям Республики Беларусь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Секция № 1 «Обеспечение пожарной безопасности объекта на различных стадиях его жизненного цикла»

<i>Белоокий А.Ю., Миканович Г.В.</i> Интегральная оценка геометрических параметров пожара сложной формы	8
<i>Гоман П.Н.</i> Разработка карты пожарной опасности особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь	12
<i>Ефремов А.В., Иваницкий А.Г.</i> Функция распределения опасных факторов пожара в помещениях высотой более 6 метров	15
<i>Кабик С.В., Говор Э.Г.</i> Сравнительная оценка существующих моделей движения людских потоков, используемых для определения расчетного времени эвакуации	19
<i>Левданский А.А., Нехань Д.С.</i> О влиянии пустот в многопустотных железобетонных плитах на нагрев указанных конструкций при пожаре	23
<i>Макаров А.Ю., Нехань Д.С.</i> О результатах (надзорных) мероприятий на объектах уголовно-исполнительной системы Республики Беларусь	26
<i>Макаров А.Ю., Нехань Д.С.</i> Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах уголовно-исполнительной системы при их эксплуатации в Российской Федерации	30
<i>Миканович А.С., Миканович Г.В., Белоокий А.Ю.</i> Общие подходы к определению внешних безопасных и внутренних допускаемых расстояний при проектировании взрывобезопасных объектов	35
<i>Москвилин Е.А., Нагановский Ю.К., Власов К.С.</i> Изменения объемной активности радионуклидов в дымовом аэрозоле и воздухе при пожарах в зоне ЧАЭС за 30 лет	38
<i>Москвилин Е.А., Нагановский Ю.К., Власов К.С.</i> Изменения объемной активности радионуклидов в дымовом аэрозоле и воздухе при пожарах в зоне ЧАЭС за 30 лет	40
<i>Рокало Д.И., Говор Э.Г., Курский И.А.</i> Системы анализа рисков и автоматизации проектирования противопожарных мероприятий с использованием BIM-технологий и методов искусственного интеллекта	43
<i>Рокало Д.И., Говор Э.Г., Курский И.А.</i> BIM-технологии как инструмент обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений	47
<i>Силкин Н.Р., Говор Э.Г.</i> Анализ существующих мер взрывозащиты в Республике Беларусь и Республике Казахстан	52
<i>Статкевич М.А., Осяев В.А.</i> Динамика опасных факторов пожара в помещениях сложной геометрии	55
<i>Стрельцов О.В., Кондашов А.А., Удацова Е.Ю., Бобринев Е.В., Шавырина Т.А.</i> Показатели обстановки с пожарами на предприятиях различных отраслей экономики	57
<i>Трояк Е.Ю., Пожаркова И.Н.</i> Ультразвуковая дефектоскопия образцов строительных материалов ограждающих конструкций подземных сооружений при термических воздействиях	60

<i>Фоменко М.А., Рудченко Г.И., Кривцов Н.Р.</i> О расчете критической продолжительности пожара в здании дома милосердия г. Волгограда	65
<i>Фоменко М.А., Рудченко Г.И.</i> К вопросу о состоянии пожарной безопасности зданий домов милосердия	67

Секция № 2 «Промышленная безопасность и охрана труда»

<i>Авдеенко В.Е., Мартыненко Т.М.</i> Прогнозирование и минимизация рисков от опасных ветровых явлений для населенных пунктов и инфраструктуры (на примере Могилевской области, Республика Беларусь)	70
<i>Алтунин В.А., Садыков М.З.</i> Проблемы безопасности, эффективности, экономичности и экологичности теплогенераторов обычного стационарного и пульсирующего горения	72
<i>Алтунин В.А., Садыков М.З.</i> Безопасность теплогенераторов импульсного горения	75
<i>Алтунин В.А., Щиголев А.А., Львов М.В., Юсупов А.А., Кореев Е.П., Селянин К.А.</i> Проблемы безопасности людей при пожаре и взрыве в ходе эксплуатации масляных систем двигателей летательных аппаратов и наземных энергоустановок.	78
<i>Басов В.В., Аушев И.Ю.</i> Карбонизированные материалы для противопожарной защиты	83
<i>Герасименко С.И., Кондратович Д.Д., Аушев И.Ю.</i> Титан и его применения в пожарной технике	85
<i>Ершов Н.Р., Аушев И.Ю.</i> Применение технологий подводной сварки в оперативно-спасательных работах МЧС Республики Беларусь	87
<i>Жолнерчик В.В., Бирюк В.А.</i> Влияние нижнего концентрационного предела распространения пламени на взрывоопасность пылевоздушной смеси	88
<i>Кириян А.П., Мамаев В.В., Зборицки Л.А., Плетенецкий Р.С.</i> Аппаратное обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре	90
<i>Ковалевский Н.В., Минько Д.В.</i> Анализ причин возникновения пожаров на торфопредприятиях	95
<i>Ковалевский Н.В., Минько Д.В.</i> Особенности тушения пожаров на торфопредприятиях	97
<i>Конон И.Е., Аушев И.Ю.</i> «Потеющие материалы» как инструмент повышения эффективности и безопасности в деятельности МЧС	100
<i>Логвинец А.В., Аушев И.Ю.</i> Сварка живых тканей: применение в МЧС для экстренной медицинской помощи	102
<i>Шудрик А.А., Лукашик Н.Н., Мартыненко Т.М.</i> Нормативная база для комплексной оценки ветростойкости и надежности рекламных конструкций	105
<i>Малаш Н.И., Юхнель Е.А.</i> К вопросу о государственном управлении в области охраны труда в Республике Беларусь	107
<i>Минько Д.В., Карней Ф.С.</i> Применение электродинамического эффекта при создании аварийно-спасательного оборудования для расчистки завалов в зоне обрушения железобетонных конструкций	111

<i>Печко К.Е., Аушев И.Ю.</i> Огнестойкие композитные материалы для элементов пожарной техники: баланс между легкостью, прочностью и безопасностью.	115
<i>Савонь Д.Д., Минько Д.В.</i> Абразивный и коррозионный износ форсунок в средствах пожаротушения	117
<i>Селивончик В.О., Аушев И.Ю.</i> Аддитивные технологии как инструмент поддержки спасателей	119
<i>Кравцов А.Г., Старосто Р.С.</i> Производственный травматизм в Республике Беларусь	121
<i>Судиловский Д.С., Аушев И.Ю.</i> Сварка и ее разновидности в пожарном деле	123
<i>Турицын И.В., Власова О.С.</i> Совершенствование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций на производственном объекте АО «Корпорация «Красный октябрь»»	126
<i>Усень В.А., Минько Д.В.</i> Анализ причин аварий на котельных установках	129
<i>Усень В.А., Минько Д.В.</i> Классификационные признаки котельных	131
<i>Хабибуллин И.И., Алтунин В.А.</i> Предиктивный анализ как средство предотвращения аварий на компрессорных станциях	134
<i>Холодов И.С., Аушев И.Ю.</i> Анализ чрезвычайных ситуаций на объектах добычи полезных ископаемых подземным способом	135
<i>Шудрик А.А., Лукашик Н.Н., Мартыненко Т.М.</i> Исследование устойчивости и динамического отклика строительных конструкций наружной рекламы при циклических ветровых воздействиях	138

Секция № 3 «Автоматические системы безопасности: теория, практика, инновации»

<i>Бондарь Р.А., Рябцев В.Н., Пармон В.В.</i> Проверка работоспособность систем пожарной автоматики как способ контроля их технического состояния	140
<i>Бондарь Р.А., Рябцев В.Н., Пармон В.В.</i> Алгоритм проведения испытаний по проверке работоспособности систем пожарной сигнализации, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией, передачи извещений о пожаре	142
<i>Бунто И.А., Бунто О.В.</i> Применение спринклерных установок пожаротушения для защиты зданий и сооружений	144
<i>Бунто И.А., Бунто О.В.</i> Конструкция и принцип работы спринклерного оросителя с разрывным термочувствительным элементом	149
<i>Бунто И.А., Бунто О.В.</i> Методика проведения исследований определения номинальной температуры срабатывания разрывного термочувствительного элемента спринклерных оросителей	152
<i>Бунто И.А., Бунто О.В.</i> Влияния различных сред заполнения жидкой ванны при определении номинальной температуры срабатывания разрывного термочувствительного элемента спринклерных оросителей	155
<i>Василкина Н.Н., Гараев Ю.В.</i> Методы определения дисперсности пены низкой кратности	160
<i>Галузо В.С., Марушко Е.О., Гараев Ю.В.</i> Определение факела разбития струи о сетку пены низкой кратности	162

<i>Герасименко С.И., Бунто О.В.</i> Методы и технологии очистки промышленных сточных вод	164
<i>Герасименко С.И., Бунто О.В.</i> Тушение пожаров при недостатке воды, а также особенности тушения пожаров в районах без централизованного водоснабжения	168
<i>Довнар Т.А., Навроцкий О.Д.</i> Повышение сохранности растворов пенообразователей	170
<i>Домосканова Т.М., Гараев Ю.В.</i> Методы определения кратности и устойчивости пены низкой кратности через сетку	173
<i>Иванов И.Ю., Морозевич В.Е.</i> Механизмы тушения тонкораспыленной водой	175
<i>Иванов И.Ю., Новиков В.А.</i> Применение технологических карт при проверке работоспособности систем пожарной автоматики	179
<i>Ивановский А.П., Бунто О.В.</i> Пожаротушение водой в условиях низких температур	184
<i>Избавитель М.Д., Лихоманов А.О.</i> Прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного характера в Республике Беларусь	187
<i>Камлюк А.Н., Навроцкий О.Д., Подольницкий А.Ф.</i> Методика проведения исследований образования воздушно-механической пены низкой кратности на поверхности оросителей	191
<i>Камлюк А.Н., Навроцкий О.Д., Подольницкий А.Ф.</i> О возможности образования пенной структуры в момент удара о твердую поверхность	194
<i>Камлюк А.Н., Навроцкий О.Д., Подольницкий А.Ф.</i> Способы получения огнетушащих пен низкой кратности	196
<i>Короткевич С.Г., Гараев Ю.В., Игнатович Е.С.</i> Виртуальный тренажер по пожарной безопасности	199
<i>Лихоманов А.О., Гараев Ю.В., Вашкевич Д.А., Печко К.Е.</i> Экспериментальное определение кратности пены, получаемой с использованием пеногенерирующего устройства, оснащенного сеткой	201
<i>Поздеева А.В., Гараев Ю.В.</i> Влияние размера ячейки сетки на пену низкой кратности	203
<i>Сливинская А.А., Стриганова М.Ю.</i> Характеристики устойчивости и сохранности мостовых переходов	206
<i>Судиловский Д.С., Лихоманов А.О.</i> Причины, последствия и мероприятия по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на нефтепроводах	209
<i>Шалесный А.С., Бунто О.В.</i> Сравнительный анализ водяного, химического и порошкового методов тушения и особенности их применения в различных условиях	213
<i>Шинкоренко К.Е.</i> Автономные устройства пожаротушения	215

Секция 4

Актуальные проблемы надзорной и профилактической деятельности МЧС

<i>Горошко Е.Ю., Матейчик Д.Г.</i> Совершенствование профилактической деятельности по выявлению причин и условий способствующих совершению правонарушений в области обеспечения пожарной безопасности	220
---	-----

<i>Горошко Е.Ю., Требик В.А.</i> К вопросу о совершенствовании уголовного законодательства о нарушении требований пожарной безопасности	224
<i>Герасимова Е.А.</i> Недостатки нормативного регулирования и отсутствие единого подхода к пожарной безопасности на всех этапах: от проектирования до эксплуатации и ликвидации объекта	226
<i>Лаушкин М.Г., Ласута Г.Ф.</i> Новые медиа как механизм идеологической работы в органах и подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь	228
<i>Порошин А.А., Стрельцов О.В., Кондашов А.А., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю.</i> Обоснование численности профилактического состава объектового подразделения пожарной охраны	230
<i>Симонов А.Е., Контява Е.Д., Костюкевич Н.А.</i> Актуальные проблемы надзорной и профилактической деятельности МЧС	233
<i>Кравцов А.Г., Старосто Р.С.</i> Пожарная безопасность как элемент взаимодействия субъектов профилактики	236
<i>Кравцов А.Г., Старосто Р.С., Пугачёв О.М.</i> Работа, проводимая с неблагополучной категорией граждан, основные проблемы и перспективы	237
<i>Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А., Бобринев Е.В., Маторина О.С.</i> Изучение динамики показателей безопасности в дорожно-транспортных происшествиях	239

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА НА
РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПОЖАРА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

Белоцкий А.Ю., Миканович Г.В.

Университет гражданской защиты

Определение ряда параметров чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера часто представляет нестандартную задачу как по самой постановке, так и по необходимости применения нетривиальных подходов к использованию математического инструментария. Эти проблемы характерны для учебно-образовательного процесса подготовки инженеров-спасателей [1].

Определение площади и периметра пожара – одна из таких нестандартных задач.

Площадь и периметр являются пространственными параметрами пожара, которые используются при решении пожарно-тактических задач. От значений площади и периметра пожара напрямую зависят значения площади и периметра тушения, фронта пожара. От значений этих параметров зависят значения требуемой и фактической интенсивности подачи огнетушащих веществ, число направлений ввода приборов тушения и др. [2].

Пожары на открытой местности относятся к категории пожаров сложной формы. В этом случае на форму пожара влияет множество факторов: скорость ветра, влажность окружающей среды, ландшафт, погодные условия и прочее.

В литературе [3] приведена формула расчета площади лесного пожара, в которой эта площадь зависит от природной пожарной опасности, погодных и сезонных условий года, периода времени от момента возникновения.

Площадь можно также определить через скорости распространения пожара по фронту, флангу и тылу и промежуток времени от момента возникновения пожара. Эти скорости в свою очередь зависят от ряда других параметров. Формулу для расчета периметра пожара сложной формы авторы данного пособия не приводят вовсе.

Авторы российского учебно-методического пособия [4] предлагают для расчета площади лесного пожара, который является пожаром сложной формы, формулу, в которой площадь пропорциональна квадрату периметра этого пожара. Периметр же вычисляется через сумму поперечников пожарища и коэффициента извилистости кромки.

При определении геометрических параметров было бы логично использовать геометрический подход и применить геометрические формулы. Возникает вопрос, а возможно ли использовать такой подход для подсчета параметров пожара на открытой местности. Допустимо ли использование формул площади и периметра фигур для оценки геометрических параметров пожара со сложной, изменчивой формой?

Для применения данного метода необходимо разделить зону пожара на участки простой геометрической формы.

Форма пожара делится на фигуры, геометрические параметры каждой из которых можно определить, применив формулы математики. Площадь и периметр пожара в этом случае определяется суммарным значением соответствующих результатов.

Один из вариантов деления формы пожара на части представлен на рисунке 1.

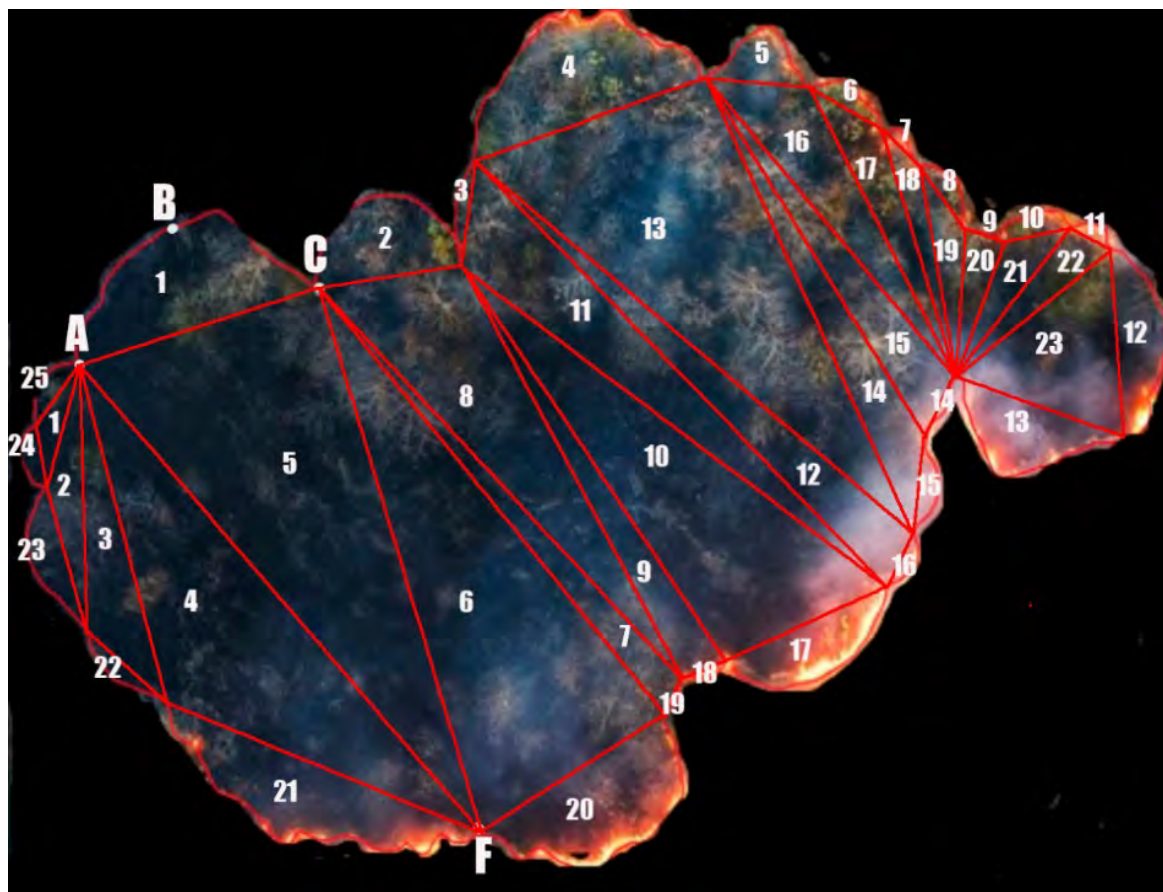


Рисунок 1

При таком разбиении образуется два вида фигур:

1. Участок плоскости, ограниченный частью кривой и построенной прямой.

Каждую кривую можно условно считать квадратичной функцией, вершина графика которой находится в точке В. Точки А и с при этом рассматриваются как точки пересечения графика функции с осью абсцисс. В

качестве оси абсцисс принимается сам отрезок AC. Такую фигуру можно считать криволинейной трапецией.

2. Остальные части – треугольники.

Для подсчета площади каждой криволинейной трапеции, изображенной на рисунке 1, используется формула:

$$S_i = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx, \quad (1)$$

где x_1, x_2 – пределы интегрирования, $f(x)$ – функция, ограничивающая сверху криволинейную трапецию.

Чтобы использовать данную формулу в поставленной задаче, необходимо аналитически задать кривую, изображенную на рассматриваемом отрезке. Для этого квадратичная функция задается в виде разложения на множители:

$$f(x) = a(x - x_1)(x - x_2). \quad (2)$$

Вводятся следующие обозначения: $AC = \Delta x$, расстояние от середины отрезка Δx до точки В обозначается y_e – ордината вершины параболы, при этом абсцисса вершины параболы:

$$x_e = \frac{\Delta x}{2}. \quad (3)$$

$A(0; 0)$, тогда $C(\Delta x; 0)$, $B(x_e; y_e)$. В этом случае коэффициент квадратичной функции $a = 0$, а $x_1 = 0, x_2 = \Delta x$.

Тогда формула (2) преобразуется в (4):

$$f(x) = ax(x - \Delta x). \quad (4)$$

С учетом принятых обозначений и формулы (4) коэффициент a параболы определяется по формуле (5):

$$a = -\frac{4y_e}{(\Delta x)^2}. \quad (5)$$

Абсцисса вершины параболы определяется по формуле:

$$x_e = -\frac{b}{2a}. \quad (6)$$

Значение коэффициента b параболы с учетом формул (3) и (6) определяется по формуле (7):

$$b = \frac{4y_e}{\Delta x}. \quad (7)$$

Таким образом по формулам (5) и (7) рассчитываются коэффициенты параболы. Величины y_e и Δx определяются путем прямых измерений. С учетом ранее принятых допущений для дальнейших расчетов используется уравнение квадратичной функции (8):

$$f(x) = ax^2 + bx. \quad (8)$$

Площадь каждой криволинейной трапеции с учетом (1) и (8) определяется по формуле (9):

$$S_i = \int_0^{\Delta x} (ax^2 + bx) dx = \left(\frac{a}{3} \cdot x^3 + \frac{b}{2} \cdot x^2 \right) \Big|_0^{\Delta x} = \frac{a(\Delta x)^3}{3} + \frac{b(\Delta x)^2}{2}. \quad (9)$$

Для расчета площади треугольников в данной задаче удобно использовать формулу Герона:

$$S_{\Delta j} = \sqrt{p(p-n)(p-m)(p-k)}, \quad (10)$$

где p – полупериметр треугольника, n, m, k – величины трех сторон треугольника, которые определяются путем измерения соответствующих отрезков на фотоизображении.

Площадь изображения пожара определяется как сумма площадей всех частей:

$$S_{cx} = \sum_{i=1}^N S_i + \sum_{j=1}^M S_{\Delta j}, \quad (11)$$

где N – количество криволинейных трапеций, M – количество треугольников.

Чтобы определить площадь самого пожара, необходимо учесть масштаб фотоизображения.

При расчете периметра пожара рассматриваются только криволинейные трапеции, полученные ранее. Именно кривые, ограничивающие криволинейные трапеции, образуют границу схемы площади пожара, а значит определяют периметр этого изображения, а значит и периметр пожара.

Длина каждой кривой, ограничивающей криволинейную трапецию сверху, определяется с помощью формулы длины дуги:

$$l_i = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx. \quad (12)$$

Каждая такая кривая описывается формулой (8). Тогда:

$$f'(x) = 2ax + b \quad (13)$$

С учетом (13) и (8), формула (12) преобразуется в (14):

$$l_i = \int_0^{\Delta x} \sqrt{1 + (2ax + b)^2} dx \quad (14)$$

В процессе интегрирования формула (14) преобразуется в формулу для расчета длины каждой кривой (15):

$$l_i = \frac{1}{4a} \left((2a(\Delta x) + b) \sqrt{1 + (2a(\Delta x) + b)^2} - b \sqrt{1 + b^2} \right) + \frac{1}{4a} \left(\ln \left| \frac{2a(\Delta x) + b + \sqrt{1 + (2a(\Delta x) + b)^2}}{b + \sqrt{1 + b^2}} \right| \right) \quad (15)$$

Периметр изображения пожара определяется как сумма всех длин кривых:

$$P_{cx} = \sum_{i=1}^N l_i. \quad (16)$$

Чтобы определить периметр самого пожара, нужно учесть масштаб схемы пожара.

Полученные формулы дают возможность подсчета параметров пожара по фотоснимкам или схемам. Т.е. позволяют определять параметры пожара в данный момент времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усачева Т.В. Нестандартные учебные задачи на интегральное исчисление при моделировании ЧС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nestandartnye-uchebnye-zadachi-na-integralnoe-ischislenie-pri-modelirovanii-chs> - Дата доступа: 20.07.2025.
2. Подгрушный А.В. Методические указания к решению тактических задач по теме «Основы прогнозирования обстановки на пожаре. Локализация и ликвидация пожаров» / А.В. Подгрушный, Б.Б. Захаревский, А.Н. Денисов, Ю.М. Сверчков. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.- 37 с.
3. Ефименко В.М. Лесная пирология: практическое пособие / В. М. Ефименко, Е. Н. Каткова; М-во образования Республики Беларусь, Гом. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 43 с.
4. Петухов В.И. «Пожарная безопасность» очной и заочной форм обучения. Ч. 1: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/792/Petuxov_V.I.,_Olishevskij_A.T.,_Chernysh_O.G._Pozharnaya_bezopasnost.pdf – Дата доступа: 10.10.2025.

РАЗРАБОТКА КАРТЫ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Гоман П.Н.

Университет гражданской защиты

В условиях изменения климата актуальными задачами в природоохранной сфере Республики Беларусь являются сохранение биоразнообразия, восстановление и рациональное использование природных ресурсов, предотвращение и снижение негативного влияния источников антропогенного и природного характера на ценные участки природных экосистем. Существенное место в данной области отводится вопросам обеспечения пожарной безопасности особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь (далее – ООПТ).

Для разработки карты пожарной опасности ООПТ предлагается использовать систему лесопожарного районирования Республики Беларусь, построенную по административным районам и представленную в работах [1–3]. Определение лесопожарного пояса основывается на расчете комплексного показателя потенциальной опасности возникновения и распространения лесных пожаров, учитывающего основные лесопожарные факторы и их весовой коэффициент:

$$П = 0,13K + 0,14Л + 0,17Г + 0,11Н + 0,17Р + 0,16Х + 0,12В, \quad (1)$$

где K – класс природной пожарной опасности лесов района;

$Л$ – лесистость района, %;

$Г$ – горимость лесов района, равная средней частоте пожаров в год;

Н – плотность населения района, чел/км²;

Р – уровень радиоактивного загрязнения лесов района, Ки/км²;

Х – уровень химического загрязнения лесов района, тыс. т в год;

В – фактор наличия в лесах района военных складов взрывчатых материалов.

Для оценки потенциальной опасности возгораний на территории заповедников, национальных парков и заказников предложено использовать комплексный показатель пожарной опасности, который является аналогом показателя (П). При этом наиболее рациональным способом разработки карты пожарной опасности ООПТ является использование метода наложения слоев с применением ГИС-программ. В результате наложения на карту лесопожарного районирования Республики Беларусь границ ООПТ получена карта пожарной опасности природоохранных территорий, представленная на рисунке 1.

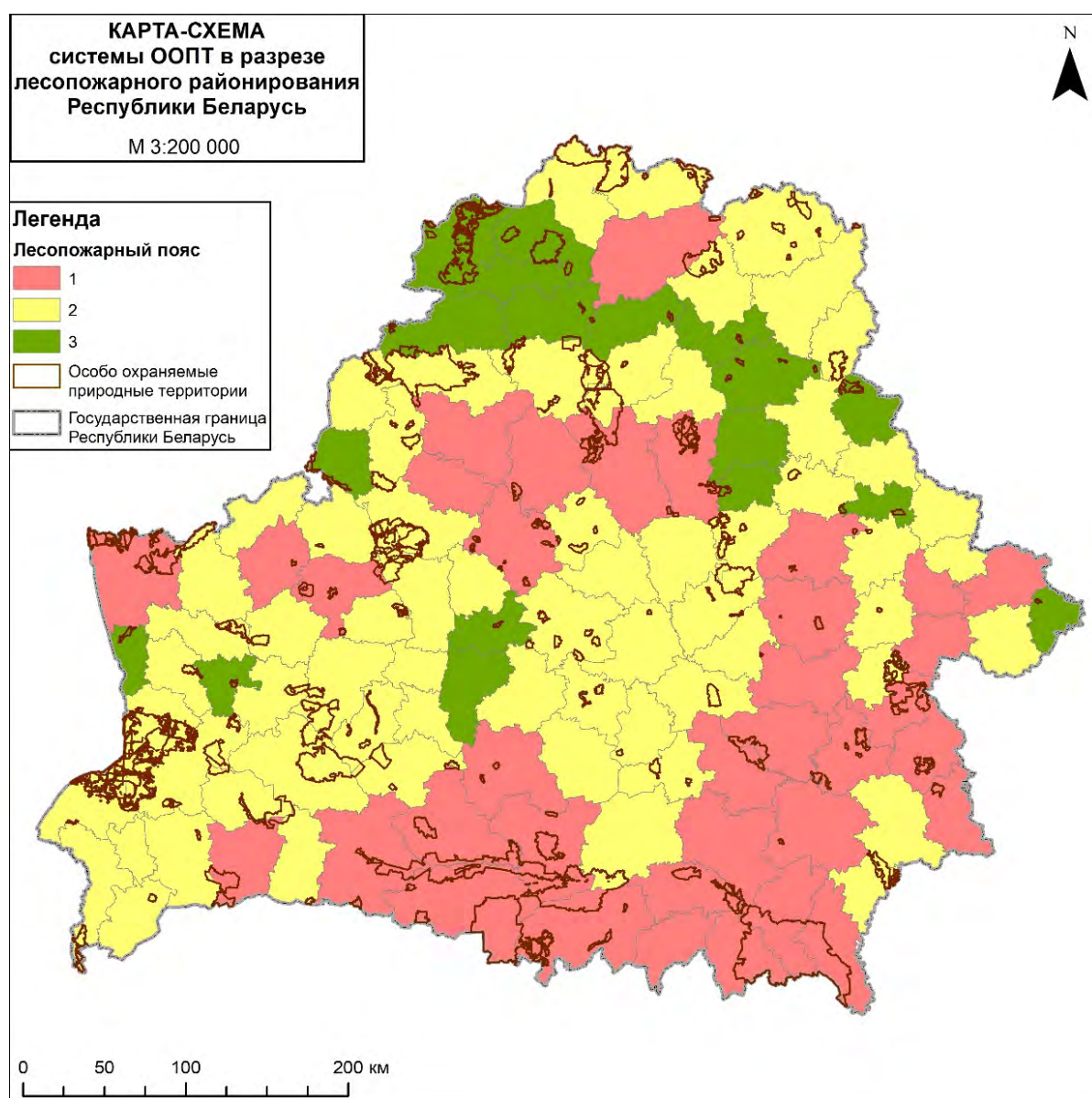


Рисунок 1 - Карта пожарной опасности ООПТ в разрезе системы лесопожарного районирования Республики Беларусь

Следует отметить, что при определении комплексного показателя пожарной опасности ООПТ применен следующий подход:

- в случае если ООПТ расположена на территории одного административного района для нее устанавливается комплексный показатель пожарной опасности, соответствующий значению лесопожарного пояса для района расположения;

- в случае если ООПТ расположена на территории нескольких административных районов для нее устанавливается комплексный показатель пожарной опасности, соответствующий значению лесопожарного пояса для района с большей площадью ООПТ.

Как показано на рисунке 1, наибольшую пожарную опасность представляют Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, Национальный парк «Припятский», а также ряд заказников, расположенных на территории административных районов, отнесенных к первому лесопожарному поясу. Для обеспечения пожарной безопасности ООПТ требуется ежегодное проведение комплекса профилактических мероприятий по предупреждению возгораний и минимизации их последствий, включающих массово-разъяснительную и воспитательную работу с населением, благоустройство территории ООПТ для отдыха посетителей, контроль за соблюдением законодательства, устройство пожарных водоемов, создание сети дорог для оперативной доставки сил и средств пожаротушения, своевременное обнаружение природных пожаров. Важную роль в профилактических мероприятиях занимает создание на территории ООПТ системы противопожарных барьеров, ограничивающих распространение возможных пожаров. Препятствием для природных пожаров служат как естественные барьеры, представляющие собой природный компонент ландшафта (реки, озера, участки леса с преобладанием лиственных пород), так и искусственные – специально созданные, к которым относятся минерализованные полосы, противопожарные канавы, заслоны и разрывы.

Только комплексный подход позволит повысить уровень пожарной безопасности ООПТ, сохранить биоразнообразие и природные ресурсы Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гоман, П.Н. Природа лесных пожаров и борьба с ними в Республике Беларусь: монография / П. Н. Гоман; под ред. В. В. Усени. – Мн.: Бел. навука, 2025. – 228 с.
2. Гоман, П. Н. Совершенствование метода расчета регионального комплексного показателя потенциальной опасности возникновения и распространения лесных пожаров в Республике Беларусь / П. Н. Гоман // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т леса. – Гомель, 2023. – Вып. 83. – С. 167–179.
3. Гоман, П. Н. Концепция комплексной оценки и прогнозирования условий возникновения и параметров развития лесных пожаров в Республике Беларусь /

П. Н. Гоман, А. А. Бойко // Труды БГТУ. Серия 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2025. – № 2. – С. 29–38.

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИЯХ ВЫСОТОЙ БОЛЕЕ 6 МЕТРОВ

Ефремов А.В., Иваницкий А.Г.

Университет гражданской защиты

Пожары в помещениях с массовым пребыванием людей представляют собой одни из наиболее опасных и сложных чрезвычайных ситуаций, связанных с угрозой для жизни и здоровья. Такие ситуации возникают в зданиях и сооружениях, где одновременно может находиться значительное количество людей, включая торгово-развлекательные центры, театры, концертные залы, спорткомплексы и конференц-центры.

Основной опасностью таких пожаров является высокая плотность размещения людей, что значительно осложняет своевременную эвакуацию. Быстрый рост пламени, интенсивное выделение продуктов горения, включая токсичные вещества, могут привести не только к непосредственному воздействию и последующему травмированию, но и к ухудшению условий для эвакуации, включая возникновение социальных явлений на пожаре – паники и давки.

Современные требования к проектированию и эксплуатации зданий, предназначенных для массового пребывания людей, предусматривают использование различных систем автоматического обнаружения пожара, оповещения, эвакуации и пожаротушения, а также обеспечение контроля за состоянием элементов систем обеспечения пожарной безопасности.

За последние десятилетия в мире зафиксированы многочисленные случаи крупных пожаров в помещениях, высота которых превышает 6 метров, где одновременно находилось большое количество людей. Зачастую указанные пожары приводили к травмированию и гибели людей, присутствовавших на объектах.

Эвакуация людей из зданий и сооружений в случае возникновения пожара – один из основных способов обеспечения пожарной безопасности. Эффективность эвакуационных мероприятий напрямую зависит от правильности определения времени, необходимого для безопасного выхода всех находящихся в помещении лиц.

Методы определения необходимого времени эвакуации основаны на комплексном анализе факторов, таких как объемно-планировочные решения здания, численность и размещение людей, ширина эвакуационных путей и выходов, поведение эвакуирующихся, а также влияние внешних условий.

В современном мире разработки в области моделирования для оценки времени эвакуации помогают снизить риски и повысить уровень пожарной безопасности при эксплуатации зданий различного назначения. Основные уравнения, на которых строятся математические модели пожара, базируются на положениях первого закона термодинамики, закона сохранения массы и закона сохранения импульса. Эти уравнения отражают и увязывают всю совокупность взаимосвязанных процессов, присущих пожару, таких, как тепловыделение в результате горения, дымовыделение в пламенной зоне, изменение свойств газовой среды, выделение и распространение токсичных газов, газообмен помещения с окружающей средой и со смежными помещениями, снижение концентрации кислорода в помещении.

Методы прогнозирования опасных факторов пожара (далее – ОФП) различают в зависимости от вида математической модели пожара, которые в свою очередь подразделяются на интегральные, зонные и полевые [1].

Интегральная модель пожара в своей основе представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений, искомыми функциями в которых выступают среднеобъемные параметры состояния среды, независимым аргументом является время.

Данная модель пожара позволяет получить информацию о средних (по всему объему помещения) значениях термодинамических параметров состояния газовой среды в данном помещении для любого момента времени развития пожара. Таким образом, состояние газовой среды оценивается через усредненные параметры.

При определении необходимого времени эвакуации критическая продолжительность пожара определяется для различной высоты рабочей зоны помещений [2, формулы 25-28]. В основу методики расчета критической продолжительности пожара положены результаты теоретических и экспериментальных исследований, на основании которых было принято допущение, что горизонтальные градиенты температурного и концентрационных полей в помещении сравнительно невелики, а сами эти поля подобны. В результате расчетов и обработки опытных данных была получена эмпирическая зависимость, позволяющая рассчитать профиль вертикального распределения ОФП в помещении по формуле [3]:

$$F(Z, T) - F_m(0) = [F_m(T) - F_m(0)] * \varphi(Z), \quad (1)$$

где Z – безразмерная высота помещения, $\varphi(Z)$ – функция распределения ОФП по высоте помещения, T – время, F_m – среднеобъемное значение ОФП, $F(Z, T)$ – среднее значение ОФП на высоте Z в момент T .

С учетом того, что $\varphi(0) = 0$ и $F_m(T) = \int_0^1 F(Z, T) dZ$, функция распределения ОФП по высоте помещения должна удовлетворять следующему условию [3]:

$$\int_0^1 \varphi(Z) dZ = 1. \quad (2)$$

Функция распределения ОФП в [2] имеет вид:

$$Z = \frac{h}{H} * \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right), \quad (3)$$

где h – высота рабочей зоны, м;

H – высота помещения, м.

При этом в [2] присутствует информация о допустимости применения указанной формулы только для помещений высотой не более 6 м, однако некоторыми исследователями высказывается мнение о возможности использования данной функции распределения для помещений большей высоты.

Приведя данную функцию к виду $y(x) = xe^{1,4x}$ и проведя ее интегрирование, получим:

$$\int_0^1 xe^{1,4x} dx = 1,34 > 1, \quad (4)$$

что свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований функции распределения ОФП в помещении.

Полевая модель пожара позволяет наиболее подробно описать процессы тепломассообмена при пожаре в помещении. Данная математическая модель дает возможность определить параметры газовой среды во всех элементарных объемах пространства внутри помещения для любого момента времени.

Полевая модель пожара достаточно сложна при проведении математических расчетов, поэтому в основном данная модель реализуется с помощью программных комплексов, например PHOENICS, JASMINE, SOFIE, FDS, FLUENT, CFAST. С использованием полевой модели пожара представляется возможным изучить параметры функции распределения ОФП для помещений различных размеров для случаев горения различной пожарной нагрузки.

Для исследований динамики распределения ОФП по высоте помещений использовался программный комплекс FDS.

В качестве расчетного объекта пожара выбрана модель помещения усредненных геометрических размеров, соответствующих параметрам реальных объектов с массовым пребыванием людей: свободный объем – 31104 м³; высота 6, 12, 15 и 18 м; 4 дверных проема размером 2×2 м (по 1 на каждой стене), время моделирования начальной стадии развития пожара – 600 с.

С учетом дальнейшего анализа параметров только для газовой среды помещения большого объема при построении модели расчетная сетка задавалась состоящей из ячеек размером 0,5×0,5×0,5 м. Проверочный сравнительный расчет показал, что при уменьшении размера ячейки сетки до 0,25×0,25×0,25 м время, затрачиваемое программным комплексом для проведения расчета, увеличилось с 16 до 280 часов, при этом точность полученных данных увеличилась на 1%. Исходя из этого сделан вывод, что принятый размер ячейки является оптимальным по соотношению производительность/точность и дальнейшего уменьшения расчетной сетки не требуется.

В качестве расчетной было выбрано четыре вида пожарной нагрузки, наиболее характерной для зданий с массовым пребыванием людей. Характеристики пожарной нагрузки приняты в соответствии с опубликованными данными [1]:

верхняя одежда (№ 14);
электрокабель АВВГ (№ 31);
клееные стройматериалы (№ 45);
зал зрительный (№ 60).

Воспламенение пожарной нагрузки происходило в центре помещения. Горение пожарной нагрузки происходило в течение всего времени моделирования с заданной скоростью кругового распространения пламени, что соответствует наиболее опасному сценарию (наиболее интенсивное развитие пожара и минимальное необходимое время эвакуации).

Для фиксации параметров ОФП по высоте помещения были расположены точечные измерители в газовой среде на высоте 1,5-2 м друг от друга. В горизонтальном сечении устройства располагались на среднем расстоянии от очага пожара до стены помещения. В качестве фиксируемых значений ОФП принимались повышенная температура, дальность видимости в дыму, пониженное содержание кислорода и концентрация газообразных токсичных продуктов горения (CO , CO_2), установленные [2].

Стоит отметить, что хлористый водород (HCl) не рассматривался в качестве контролируемого ОФП, ввиду, что его выделение не характерно для возможных нормативно допустимых видов пожарной нагрузки, что не позволило бы провести корректную сопоставительную оценку функции распределения его концентрации совместно с другими ОФП.

В результате моделирования получены данные о динамике ОФП газовой среды помещения на заданных высотных отметках (рисунок 1). На этом же рисунке представлены данные, полученные в результате расчета по методике, изложенной в [2].

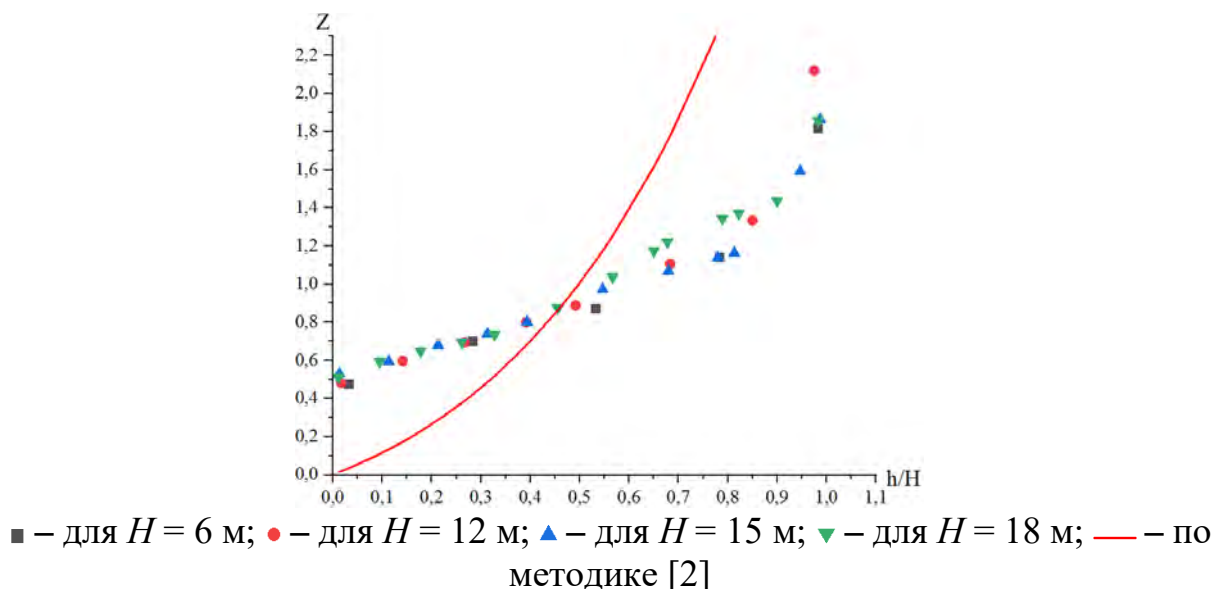


Рисунок 1 – Функция распределения ОФП по результатам моделирования

Анализ результатов, полученных при проведении моделирования начальной стадии пожара, показал, что для помещений высотой более 6 метров

функция распределения ОФП имеет иной вид, нежели представленная в [2]. Исходя из этого можно сделать вывод, что для рассмотренных расчетных вариантов методика расчета, изложенная в [2], не может применяться для помещений высотой более 6 метров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.1992. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР: Министерство внутренних дел СССР, Министерство химической промышленности СССР, 1996. – 83 с.
3. Зотов, Ю.С. Процесс задымления помещений при пожаре и разработка метода расчёта необходимого времени эвакуации людей: дис. канд. техн. наук: 05.26.01 / Ю.С. Зотов. – М., 1989. – 277 л.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ

Кабик С.В., Говор Э.Г.

Университет гражданской защиты

В данной работе рассматривается вопрос моделирования процесса эвакуации людей из зданий и сооружений, являющийся критически важным для обеспечения пожарной безопасности. Целью моделирования является определение расчетного времени эвакуации, которое служит ключевым параметром при проектировании эвакуационных путей и выходов, а также при оценке рисков.

В современной практике применяются различные подходы к расчету эвакуации, отличающиеся степенью детализации, учитываемыми факторами и сложностью реализации. В представленном анализе проводится сравнительное исследование трех принципиально различных классов математических моделей:

Упрощенная аналитическая модель движения людского потока. Данная модель определяет расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i и шириной δ_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п. При определении расчетного

времени эвакуации людей длину и ширину каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимают по проекту, а для построенных – по фактическому положению. Длину пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряют по длине марша. Длину пути в дверном проеме принимают равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельными участками горизонтального пути, имеющими конечную длину l_i . Расчетное время эвакуации людей t_p следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t [1].

Недостатки: не учитывает вариативность поведения и неоднородность потока; не показывает динамику заполнения путей эвакуации; не подходит для анализа нестандартных ситуаций.

Плюсы: простота в использовании, прямая связь с нормами и правилами; не требует дорогостоящего программного обеспечения.

Математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания. Расчетное время эвакуации людей из здания устанавливается по времени выхода из него последнего человека. Перед началом моделирования процесса эвакуации задается схема эвакуационных путей в здании. Все эвакуационные пути подразделяются на эвакуационные участки длиной a и шириной b . Длина и ширина каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимаются по проекту, а для построенных – по фактическому положению. Длина пути по лестничным маршам измеряется по длине марша. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Эвакуационные участки могут быть горизонтальные и наклонные (лестница вниз, лестница вверх и пандус). За габариты человека в плане принимается эллипс с размерами осей 0,5 м (ширина человека в плечах) и 0,25 м (толщина человека). Задаются координаты каждого человека x_i – расстояние от центра эллипса до конца эвакуационного участка, на котором он находится. Координаты каждого человека x_i в начальный момент времени задаются в соответствии со схемой расстановки людей в помещениях (рабочие места, места для зрителей, спальня и т.п.). В случае отсутствия таких данных, например для магазинов, выставочных залов и другое, допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования.

Недостатки: сложность настройки и верификации; вычислительная затратность.

Плюсы: высокая реалистичность; возможность тестировать уникальные сценарии.

Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков. Множество людей, одновременно идущих в одном направлении по общим участкам пути, образуют людской поток. Участками формирования людских потоков в помещениях следует принимать проходы между оборудованием. Для последующих участков эвакуационных путей они представляют собой первичные источники людских потоков. Распределение N_i человек на участках

формирования, имеющих ширину b_i и длину l_i , принимается равномерным. Поэтому в начальный момент t_0 на каждом элементарном участке Δl_i , занимаемом потоком, плотность потока $D_{t_{0i}}$ определяется по формуле: $D_{t_{0i}} = N_{t_{0i}} / b_i \times \Delta l_i$ чел./м². При дальнейшем движении людских потоков из первичных источников по общим участкам пути происходит их слияние. Образуется общий поток, части которого имеют различную плотность. Происходит выравнивание плотностей различных частей людского потока – его переформирование. Следует учитывать, что его головная часть, имеющая перед собой свободный путь, растекается – люди стремятся идти свободно при плотности D_0 . За интервал времени Δt часть людей переходит с этих элементарных участков на последующие и происходит изменение состояния людского потока, его движение.

Плюсы: хороший баланс между скоростью, наглядностью и детализацией; наглядная 2D/3D визуализация, позволяет видеть очаги скоплений.

На основании этого анализа можно сделать следующие заключения:

1. Нормативная модель (упрощенная аналитическая) является базовой и обязательной для расчета времени эвакуации в Республике Беларусь. Ее основная функция – обеспечить формальное соответствие проекта действующим строительным нормам и правилам. Ее использование оправдано на ранних стадиях проектирования типовых зданий, где ключевым требованием является скорость и простота проверки, а не глубокий анализ процесса. Главный недостаток – принципиальная неспособность адекватно описать реальную, динамичную и неоднородную картину эвакуации.

2. Имитационно-стохастическая модель представляет собой оптимальный инструмент для детального проектирования и анализа. Она занимает промежуточное положение, предлагая разумный компромисс между реалистичностью, вычислительной сложностью и наглядностью. Ее основное преимущество – возможность визуализировать динамику потоков, выявлять локальные зоны скопления людей (заторы) и анализировать слияние потоков. Эта модель наиболее востребована для рабочего проектирования сложных объектов и экспертизы, где необходимо не просто соблюсти норму, но и понять, как эвакуация будет протекать на практике.

3. Индивидуально-поточная (агента-ориентированная) модель – это наиболее детальный и ресурсоемкий инструмент для исследования и отработки нестандартных решений. Ее применение целесообразно для уникальных, критически важных или экстремально сложных объектов (например, стадионы, аэропорты, небоскребы), а также для научных изысканий. Она позволяет моделировать вариативное поведение, наличие людей с ограниченной мобильностью и анализировать сценарии, выходящие за рамки нормативных условий.

Современный подход к обеспечению пожарной безопасности тяготеет к комбинации методов: обязательный нормативный расчет дополняется, а в случае сложных объектов – подкрепляется результатами имитационного

моделирования. Это позволяет не только формально выполнить требования, но и спроектировать по-настоящему безопасные и эффективные эвакуационные системы.

Так, например, в Российской Федерации обязательные расчеты (для объектов с массовым пребыванием людей, высотных зданий и т.д.) выполняются почти исключительно с помощью индивидуально-поточных моделей в специализированном ПО [2]. Таким как Pathfinder (в режиме SFPE) – это абсолютный лидер рынка, его результаты принимаются всеми основными экспертизами (Главгосэкспертиза, ФАУ "ФЦС", частные эксперты). Также используются BuildingExodus и ряд отечественных продуктов (например, Эвакуация 5D, Auditor Soft) [3]. Причина: аналитическая методика из ГОСТ 12.1.004-91 считается слишком консервативной и не учитывающей планировку, что приводит к завышенным значениям времени эвакуации и, как следствие, к неоправданному завышению затрат на противопожарные системы.

Имитационно-стохастические модели (AnyLogic, Viswalk) также используются, но реже – в основном для научных исследований, анализа особых сценариев на уникальных объектах (стадионы, транспортные узлы) или для задач, не связанных напрямую с пожарной экспертизой (оптимизация пассажиропотоков в метро, ТЦ).

В России сложилась устойчивая рыночная и экспертная практика. Застройщик и проектировщик заинтересованы в экономически оптимальном решении. Индивидуально-поточная модель, будучи более реалистичной, чем аналитическая, позволяет «обосновать» меньшее расчетное время эвакуации и, соответственно, снизить затраты на строительство (например, на ширину лестниц или количество пожарных выходов). Экспертиза доверяет результатам авторитетных программ.

Таким образом можно сделать вывод что в Беларуси для расчёта времени эвакуации используется устаревшая методика, в основе которой лежит упрощенно-аналитическая модель движения людей, основанная на средней плотности и скорости движения потока, которая не учитывает индивидуальные особенности людей и влияние пожара. А значит имеющиеся подходы необходимо совершенствовать, в том числе с учетом подобного опыта в Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. Обязательное приложение 2* «Метод определения уровня обеспечения пожарной безопасности людей». М.: Стандартинформ, 2006.
2. СНиП 35-01-2001. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. Обязательное приложение В. М.: Госстрой России, 2001.
3. Холщевников В.В., Самошин Д.А., Галушка Н.Н. Обзор компьютерных программ моделирования эвакуации из зданий и сооружений // Пожаровзрывобезопасность. 2002. Т. 11. № 5. С. 40–49.

О ВЛИЯНИИ ПУСТОТ В МНОГОПУСТОТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТАХ НА НАГРЕВ УКАЗАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Левданский А.А., Нехань Д.С.

Университет гражданской защиты

Оценка огнестойкости строительных конструкций является неотъемлемой составляющей проектирования зданий и сооружений. Широкое распространение в гражданском и промышленном строительстве Республики Беларусь получили многопустотные плиты, чему способствует ряд факторов: экономичность производства, технологичность изготовления и высокие эксплуатационные показатели. При этом следует отметить, что увеличение объема пустот в конструкциях существенно влияет на их поведение при пожаре [1]: уменьшение массы бетона в плите и наличие полостей создают зоны с пониженной теплопроводностью, что приводит к более ускоренному прогреву сечения, в том числе наиболее тонких участков сечения. Указанные факторы снижают огнестойкость плиты, что подтверждается указаниями в технических нормативных правовых актах (нормативных документах) в части оценки пределов огнестойкости многопустотных плит путем использования понижающих коэффициентов и оперирования эффективной (без учета пустот) толщиной конструкции [2–4]. Рассмотрение влияния пустот в многопустотных железобетонных плитах на нагрев указанных конструкций при пожаре является актуальной задачей, которая позволит установить закономерности влияния полостей на формирование температурных полей в конструкции.

Для оценки огнестойкости известны экспериментальные методы (огневые испытания), а также теоретические (общие, упрощенные методы расчета и табличные данные). Оценка огнестойкости общими и упрощенными методами расчета состоит из решения двух последовательных задач: теплотехнической и прочностной. При решении задачи по оценке влияния пустот в многопустотных железобетонных плитах на их нагрев при пожаре (теплотехническая задача) выбран общий метод расчета, ввиду неприменимости существующего упрощенного метода решения теплотехнической задачи для пустотелых конструкций [4]. Для численного моделирования нагрева плит при пожаре использована программная среда Ansys Workbench 2020 R2 (модуль Transient Thermal), реализующая решение нестационарной задачи тепломассопереноса методом конечных элементов.

В качестве объектов моделирования выступали железобетонные плиты толщиной 200 мм без пустот и с пустотами круглого сечения, объем которых составляет 40 и 60 % от общего объема конструкции. Для уменьшения трудозатрат и объема вычислений арматура в модели не задавалась. Пустоты распределены рассредоточено по горизонтали вдоль поперечного сечения плиты.

В качестве краевых условий приняты:

- начальная температура окружающей среды и материала конструкции;
- для нижней поверхности плит граничные условия 3-го рода (температура огневой среды соответствует стандартному температурному режиму) путем учета конвективной и лучистой составляющих теплообмена;
- для верхней поверхности плит граничные условия 3-го рода (температура окружающей среды постоянна и составляет 20 °С) путем учета конвективной и лучистой составляющих теплообмена;
- идеальная теплоизоляция боковых поверхностей плит;
- внутри полостей между более нагретыми и менее нагретыми участками граничные условия 3-го рода путем учета лучистого теплообмена.

Зависимости теплофизических свойств бетона принимались нелинейными согласно [5]: для коэффициента теплопроводности они взяты по нижней границе, для определения зависимости удельной изобарной теплоемкости выбрана весовая влажность 2,2 %, начальная средняя плотность бетона 2500 кг/м³.

Моделирование проведено для стандартного огневого воздействия продолжительностью 30, 45, 60, 90, 120 и 180 мин соответственно (рисунок 1). Это позволило оценить динамику температурного поля в конструкциях и влияние объема (размеров) полостей на интенсивность нагрева бетона в заданных точках.

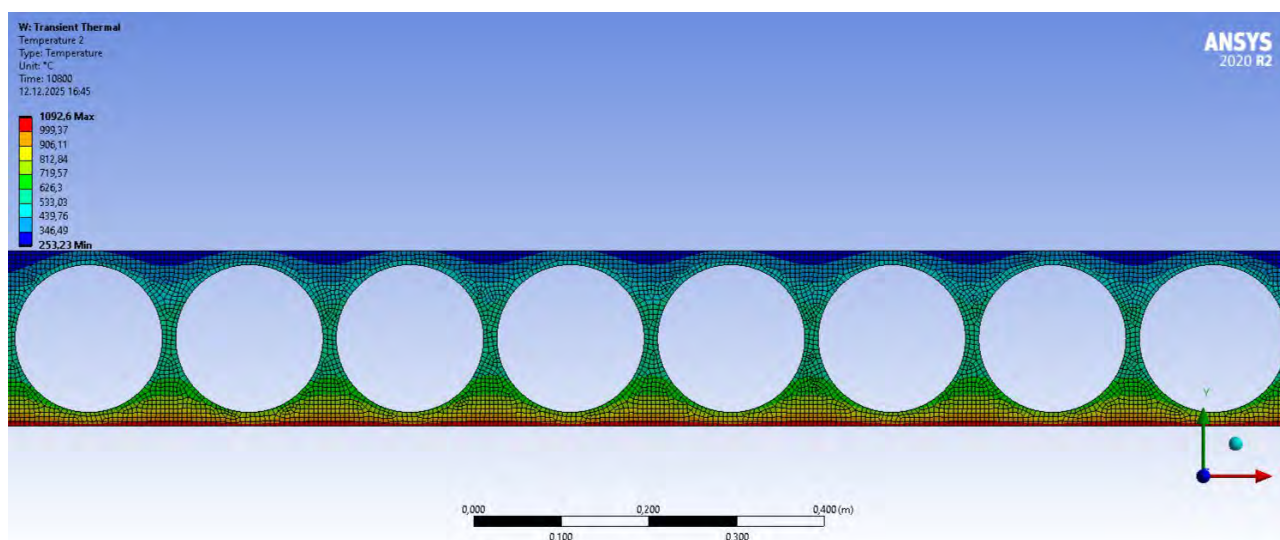
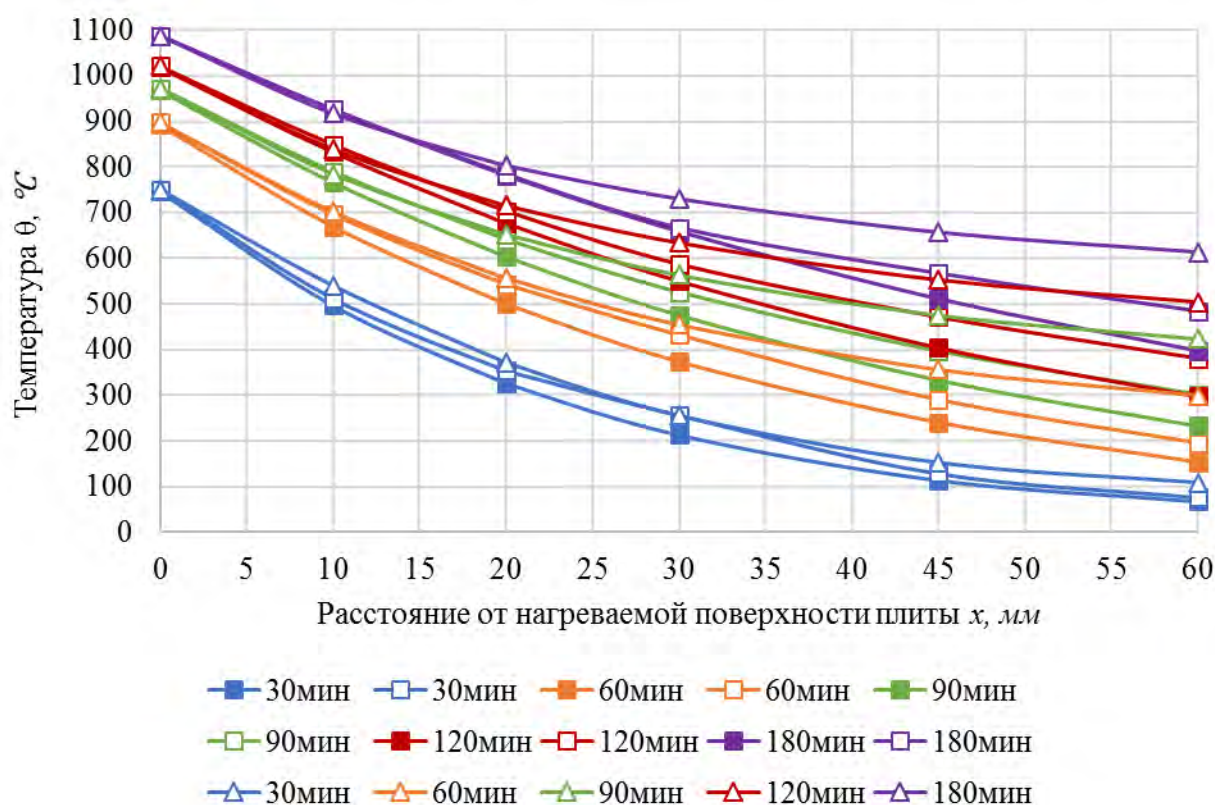


Рисунок 1. – Температурное поле в многопустотной железобетонной плите толщиной 200 мм с долей полостей 0,6 объема конструкции через 180 мин стандартного огневого воздействия

На рисунке 2 представлены результаты численного моделирования нагрева железобетонных плит толщиной 200 мм без пустот и с пустотами, составляющими 40...60 % объема конструкции для моментов времени 30...180 мин стандартного огневого воздействия.



Примечание: пустые маркеры в форме треугольника соответствуют плите с количеством пустот 60 % объема конструкции, в форме квадрата – плите с количеством пустот 40 % объема конструкции, сплошные – полнотелой плите.

Рисунок 2. – Изменение температуры бетона на расстоянии 0...60 мм от нагреваемой поверхности железобетонной плиты толщиной 200 мм для моментов времени 30...180 мин стандартного огневого воздействия

Результаты моделирования показали, что температуры в нижней части (как правило, растянутой зоне) железобетонных плит повышаются с увеличением объема пустот. При этом указанное различие становится более явным по мере увеличения расстояния от нагреваемой поверхности (до 60 мм) и времени стандартного огневого воздействия. Относительно полнотелой плиты максимальное увеличение температуры зафиксировано для 60 мин стандартного огневого воздействия на расстоянии 60 мм от нагреваемой поверхности: более 80 % для плиты с долей пустот 0,6 от объема конструкции и около 30 % – для плиты с долей пустот 0,4.

Следует отметить, что значение локальной температуры 200 °C (повышение на 180 °C по сравнению с начальной) на необогреваемой поверхности многопустотной плиты с долей пустот 0,6 объема конструкции достигнуто на 94-й мин стандартного огневого воздействия, а средней температуры на ее необогреваемой поверхности 160 °C (повышение на 140 °C по сравнению с начальной) на 89-й мин стандартного огневого воздействия. При этом для многопустотной плиты с долей пустот 0,4 объема конструкции значение локальной температуры 200 °C на необогреваемой поверхности зафиксировано 179-й мин, среднее значение 160 °C на необогреваемой

поверхности указанной конструкции за 180 мин не достигнуто. Точки на необогреваемой поверхности, в которых раньше остальных зафиксированы локальные максимумы, находятся на минимальном расстоянии от поверхностей (со стороны необогреваемой поверхности), ограничивающих пустоты.

Таким образом, полученные результаты будут использованы для разработки аналитических зависимостей, позволяющих получить поправочные коэффициенты учета увеличения температур на заданных расстояниях от нагреваемой поверхности в многопустотных плитах (за счет наличия полостей заданного объема) относительно полнотелых плит. Это позволит адаптировать существующие упрощенные методы решения теплотехнической задачи огнестойкости полнотелых железобетонных плит к пустотелым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нальгиев, Р. И. Поведение железобетонных строительных конструкций в условиях пожара / Р. И. Нальгиев // Мировая наука. – 2022. – № 11 (68). – С. 94–98.
2. Стандарт организации. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций: СТО 36554501-006-2006. – Взамен МДС 21-2.2000; введ. 01.11.06. – М.: НИЦ «Строительство», 2006. – 79 с.
3. Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности: СП 468.1325800.2019. – Введ. 11.06.20. М.: Стандартинформ, 2020. – 86 с.
4. Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости: ТКП 45-2.02-110-2008 (02250). – Введ. 01.01.09 (с отменой на территории Респ. Беларусь П1-02 к СНБ 2.02.01-98). – Минск: Мин-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 135 с.
5. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости: ТКП EN 1992-1-2-2009 (02250). – Введ. 01.01.10. – Минск: Мин-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 96 с.

О РЕЗУЛЬТАТАХ КОНТРОЛЬНЫХ (НАДЗОРНЫХ) МЕРОПРИЯТИЙ НА ОБЪЕКТАХ УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Макаров А.Ю., Нехань Д.С.

Университет гражданской защиты

Надзор (контроль) за соблюдением требований по обеспечению пожарной безопасности на объектах уголовно-исполнительной системы (далее – УИС) Республики Беларусь является специфической задачей работников государственного пожарного надзора (далее – ГПН). Особенности

функционирования объектов УИС и находящегося в них контингента во многом определяют возможность реализации отдельных требований пожарной безопасности [1].

При проведении работниками ГПН контрольных (надзорных) мероприятий на объектах УИС Республики Беларусь в соответствии с действующим законодательством подлежат изучению следующие вопросы:

- соблюдение руководителями, должностными лицами и работниками обязанностей в области обеспечения пожарной безопасности;
- разработка и наличие инструкций (в том числе общеобъектовой) по пожарной безопасности;
- соблюдение установленных требований к содержанию зданий, сооружений, помещений, наружных установок и оборудования;
- соблюдение требований по обеспечению своевременной и беспрепятственной эвакуации при пожаре, разработка планов эвакуации людей при пожаре;
- проведение огневых работ на временных местах;
- подготовка работников по вопросам пожарной безопасности и проверки их знаний в данной сфере;
- проверка состояния наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения;
- порядок хранения веществ и материалов;
- размещение и эксплуатация теплогенерирующих аппаратов и отопительных приборов промышленного (заводского) изготовления;
- оснащение объектов первичными средствами пожаротушения;
- проведение противопожарных инструктажей;
- формирование пожарных дружин, пожарных команд, пожарно-технических комиссий;
- разработка стендов с информацией о пожарной безопасности;
- соблюдение иных специфических требований по обеспечению пожарной безопасности.

В настоящее время органами ГПН при проведении проверок объектов УИС Республики Беларусь применяются требования [2]–[4], выборочно (до момента разработки специальных требований) – [5]–[7]. Анализ 25 контрольно-наблюдательных дел (далее – КНД) в части проведения контрольных (надзорных) мероприятий на объектах УИС Республики Беларусь за период 2021–2025 гг. указывает на следующие наиболее часто встречающиеся нарушения в области пожарной безопасности:

- не обеспечена работоспособность и исправность систем пожарной сигнализации (далее – СО) и систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (далее – СОУЭ) (в 88% КНД);
- количество и место размещения первичных средств пожаротушения на объектах не соответствуют требованиям (в 88 % КНД);
- общеобъектовая инструкция по пожарной безопасности не соответствует требованиям (в 43 % КНД);

- не обеспечена возможность свободного открывания изнутри без ключа замков (запоров) на дверях, расположенных на путях эвакуации согласно [1] (в 31 % КНД);
- не обеспечена работоспособность и исправность противопожарного водоснабжения (в 31 % КНД);
- загромождение проходов, выходов, дверей на путях эвакуации (в 31% КНД);
- не организованы подготовка работников по программам пожарно-технического минимума, в том числе лиц, ответственных за проведение противопожарных инструктажей (в 31 % КНД);
- на видных местах не вывешены схематические планы индивидуальной эвакуации людей при пожаре (в 31 % КНД);
- отсутствуют устройства, автоматически закрывающие противопожарные и дымонепроницаемые двери и шторы (в 31 % КНД);
- не обеспечена работоспособность первичных средств пожаротушения (в 31 % КНД);
- не обеспечена работоспособность и исправность наружных пожарных лестниц (в 25 % КНД);
- работники, являющиеся членами пожарной дружины, а также задействованные в реализации плана эвакуации людей при пожаре, не обеспечены самоспасателями (в 19% КНД);
- размещение под маршами лестничных клеток горючих материалов, а также устройство помещений под ними (в 19 % КНД);
- допускается отделка пола, стен, потолков на путях эвакуации материалами, имеющими пожарно-технические характеристики, не соответствующие требованиям (в 19 % КНД);
- эксплуатация зданий и помещений не в соответствии с проектной документацией на них (в 19 % КНД);
- пути эвакуации и эвакуационные выходы не обозначены указательными знаками пожарной безопасности, предусмотренными техническими нормативными правовыми актами (в 13 % КНД);
- не обеспечены работоспособность и исправность ограждений крыш зданий, а также постоянная готовность их к применению (в 13 % КНД);
- допускается эксплуатация дверей, которые должны быть обеспечены приспособлениями для самозакрывания и уплотнения в притворах, без них (в 13 % КНД);
- журнал регистрации противопожарных инструктажей не соответствует установленной форме (в 13 % КНД);
- направление открывания дверей изменено или не соответствует требованиям (в 13% КНД);
- допускается курение в местах, не оборудованных в установленном порядке и обозначенных указателями «Место для курения» (в 6 % КНД);

- установка глухих решеток на окнах помещений с массовым пребыванием людей (в 6 % КНД);
- отсутствует 10 % запас пожарных извещателей (в 6 % КНД).

Органами ГПН при проведении контрольных (надзорных) мероприятий отмечается, что согласно проектной и технической документации для ряда объектов УИС не определено их функциональное назначение (класс функциональной пожарной опасности), в связи с чем не в полной мере реализуются требования действующих нормативных правовых актов. Следует также отметить, что при проверке органами прокуратуры и инспекторами ГПН объектов УИС, предназначенных для содержания спецконтингента, в части соблюдения законодательства в области обеспечения пожарной безопасности участились случаи предъявления требований об оборудовании указанных объектов СПС, СО и системой передачи извещений о пожаре. Это стало следствием отнесения зданий для содержания заключенных к классу функциональной пожарной опасности Ф1.2 (гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха, кемпинги, мотели и пансионаты, оздоровительные лагеря) [5, 6].

Проведенный анализ наиболее часто встречающихся нарушений в области обеспечения пожарной безопасности, в том числе выявленных противоречий между требованиями по содержанию спецконтингента (режимными требованиями) и требованиями по обеспечению пожарной безопасности, при проведении проверок объектов УИС Республики Беларусь следует учитывать при разработке специальных требований для указанных объектов, опираясь на опыт зарубежных стран и специфику функционирования объектов УИС в Республике Беларусь.

Клубы, столовые, молельные залы, производственные объекты на территории исправительных колонн, исправительных колон-поселений, воспитательных колонн и лечебно-трудовых профилакториев.

Согласно СТБ 1154-99 жилые корпуса колоний и тюрем, казармы и т.п. в жилищный фонд Республики Беларусь не включаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров, А.Ю. Актуальность обеспечения пожарной безопасности на объектах уголовно-исполнительной системы Республики Беларусь / А. Ю. Макаров, Д. С. Нехань // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы : сб. материалов XIX междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 16–17 апр. 2025 г. / УГЗ; редкол.: В. А. Бирюк [и др.]. – Минск, 2024. – С. 43–45.
2. Общие требования пожарной безопасности к содержанию и эксплуатации капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений и иных объектов, принадлежащих субъектам хозяйствования. – Декрет Президента Республики Беларусь, 23 нояб. 2017 № 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=Pd1700007>. – Дата доступа: 09.11.2025.

3. Об обеспечении пожарной безопасности – Постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 21 дек. 2021 г. № 82 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22237750>. – Дата доступа: 31.10.2025.
4. Об утверждении специфических требований – Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 авг. 2019 г. № 561 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21900561>. – Дата доступа: 31.10.2025.
5. Пожарная безопасность зданий и сооружений: СН 2.02.05-2020: введ. 04.04.21 (взамен СН 2.02.01-2019, с отменой ТКП 45-2.02-315-2018 (33020)). – Минск: Минстройархитектуры, 2023 – 74 с.
6. Пожарная автоматика зданий и сооружений : СН 2.02.03-2019 (с отменой ТКП 45-2.02-317-2018 (33020), СНБ 2.02.02-01 (пункт 5.10, таб. 13), СН 3.02.03-2019 (подраздел 5.4), НПБ 15-2007). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normy.by/tnpa/1/6626.pdf>. – Дата доступа: 09.11.2025.
7. Противодымная защита зданий и сооружений при пожаре: СН 2.02.07-2020 (с отменой ТКП 45-4.02-273-2012 (02250)). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normy.by/tnpa/1/6947.pdf>. – Дата доступа: 09.11.2025.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ УГОЛОВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Макаров А.Ю., Нехань Д.С.

Университет гражданской защиты

Для объектов уголовно-исполнительной системы (далее – УИС) ввиду особенностей их функционирования и предъявляемых требований к содержанию спецконтингента не могут в полной мере быть применены подходы и требования в части пожарной безопасности, в частности при их эксплуатации. В Республике Беларусь в настоящее время отсутствуют специфические требования пожарной безопасности при эксплуатации указанных объектов.

Анализ нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности при содержании и эксплуатации объектов УИС Российской Федерации [1–3] позволил выделить ряд особенностей обеспечения пожарной безопасности на указанных объектах при их содержании и эксплуатации. В качестве направлений рассмотрения выделены следующие блоки: проведение огневых работ на временных местах; подготовка работников по вопросам пожарной безопасности и проверке их знаний в данной сфере; проверка состояния наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения;

хранение веществ и материалов; размещение и эксплуатация теплогенерирующих аппаратов и отопительных приборов; размещение и эксплуатация теплоемких печей; оснащение объектов первичными средствами пожаротушения; проведение противопожарных инструктажей; формирование пожарных дружин, пожарных команд, пожарно-технических комиссий; разработка инструкций по пожарной безопасности; разработка планов эвакуации людей при пожаре; разработка стендов с информацией о пожарной безопасности; иные требования.

Проведение огневых работ на временных местах. В Российской Федерации приказ по организации проведения огневых работ и инструкция о мерах пожарной безопасности готовятся при участии Ведомственной пожарной охраны Федеральной службы исполнения наказаний Министерства юстиции Российской Федерации (далее – ВПО) и утверждаются руководителем объекта УИС.

Разрешение на проведение временных огневых работ, которое подписывается главным инженером или лицом, его замещающим, и согласовывается с начальником подразделения ВПО, оформляется в двух экземплярах и представляется в подразделение ВПО накануне дня проведения этих работ. Исключениями являются аварийные работы, разрешение и согласование которых производится на месте ответственными лицами от администрации учреждения и начальником караула подразделения ВПО или его помощником [1].

Поступившие в подразделение ВПО разрешения рассматриваются его начальником или лицом, его замещающим, которые определяют, кому из подчиненных сотрудников поручить согласование и осмотр места проведения огневых работ [1]. При этом на объектах с повышенной пожарной опасностью эти мероприятия осуществляются непосредственно руководством подразделения ВПО. Место проведения временных огневых работ перед их началом (в необходимых случаях и смежные помещения) тщательно осматриваются сотрудником подразделения ВПО, который обязан проверить выполнение противопожарных мероприятий, указанных в разрешении, и при необходимости определить дополнительные меры пожарной безопасности, а также потребовать их выполнения [1].

Подготовка работников по вопросам пожарной безопасности и проверке их знаний в данной сфере. С персоналом учреждения и осужденными, работниками пожароопасных цехов, участков и установок, а также с отдельными категориями специалистов (электрогазосварщики, электрики, работники, связанные с применением и хранением легковоспламеняющихся жидкостей (далее – ЛВЖ) и горючих жидкостей (далее – ГЖ) и т.п.) проводятся занятия по пожарно-техническому минимуму (далее – ПТМ) [1]. С персоналом учреждения и спецконтингентом указанные занятия проводятся отдельно.

Проведение занятий по ПТМ на объектах УИС, где нет пожароопасных помещений и установок, организовываются по группам согласно направлениям

деятельности [2]: как правило, это группы администрации предприятия, энергетика (электротехнический персонал), руководителей цехов и складов.

Программы обучения работников УИС и спецконтингента разрабатываются представителями подразделений учреждений УИС, согласовываются с подразделением ВПО объекта УИС и утверждаются начальником учреждения УИС.

При прохождении ПТМ должны быть изучены меры пожарной опасности в учреждении (2-6 часов), пожарная безопасность производственной зоны и рабочего места (4 часа), меры пожарной безопасности в жилой зоне и поселке (2 часа), вызов ВПО (1 час), противопожарное оборудование и инвентарь, порядок применения их при пожаре (2 часа), действия при пожаре (2 часа). По окончании прохождения программы ПТМ у персонала учреждения и спецконтингента принимают зачеты [1].

Проверка состояния наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения. В Российской Федерации на объектах УИС пожарные гидранты и внутренние пожарные краны ежеквартально подвергаются проверке на работоспособность [1].

Хранение веществ и материалов. Склады продовольствия, вещевого имущества, горюче-смазочных и лакокрасочных материалов, ядовитых и взрывоопасных веществ, кислот, баллонов с газами, склады другого материально-технического обеспечения, склады горючей готовой продукции и негорючей в горючей упаковке, а также длительного хранения личных вещей спецконтингента размещают за пределами производственных и жилых зон [1].

Производственные участки в тюрьмах и следственных изоляторах (далее – СИЗО), как правило, размещают в отдельно стоящих зданиях и сооружениях, однако в случае их размещения в жилых зонах определено, что отгрузку готовой продукции и полуфабрикатов из помещений таких камер необходимо производить не реже двух раз в смену [1].

Для производственных и складских зданий, сооружений и помещений должны устанавливаться предельно допустимые нормы хранения веществ и материалов, изделий и готовой продукции [1]. При этом в производственной зоне допускается хранение трехдневного запаса горючего сырья и трехдневного объема готовой продукции на выделенных для этого местах складирования [3]. Совместное хранение запаса горючего сырья и готовой продукции не допускается. Кроме того, на производственных территориях работы, связанные с использованием и хранением ЛВЖ и ГЖ, необходимо производить в специальных помещениях, оборудованных обособленной системой приточно-вытяжной вентиляции [1].

Размещение и эксплуатация теплогенерирующих аппаратов и отопительных приборов. Специфические требования к эксплуатации котельных установок для организации центрального отопления объектов УИС в Российской Федерации не предъявляются. В части эксплуатации электронагревательных приборов и приборов, используемых для обогрева помещений, подогрева пищи, иных веществ и материалов установлено

требование об их возможной эксплуатации по письменному разрешению начальника объекта УИС. При этом для получения такого разрешения необходимо проведение расчета предельно-допустимой нагрузки в электрической сети [3].

Размещение и эксплуатации тепломеханических печей. В зданиях и сооружениях объектов УИС, где установка центрального отопления не предусмотрена проектной документацией, допускается устройство печного отопления, за исключением зданий и сооружений складского назначения, а также взрыво- и пожароопасных помещений [1].

Допускается установка временных печей на период устранения аварий центрального отопления и в других исключительных случаях. Места установки временных печей в обязательном порядке согласовываются с руководством подразделения ВПО. После окончания отопительного сезона временные печи демонтируются [1].

Оснащение объектов первичными средствами пожаротушения. Отдельные группы помещений и коридоры, выделенные металлическими дверьми и решетками (СИЗО, тюрьмы, помещения, функционирующие в режиме СИЗО, транзитно-пересыльные пункты, помещения камерного типа, единые помещения камерного типа, штрафные изоляторы, одиночные камеры, дисциплинарные изоляторы, помещения со строгими условиями отбывания наказания, оснащаются первичными средствами пожаротушения как самостоятельные помещения. Наблюдательные вышки оборудуются одним порошковым огнетушителем емкостью не менее 5 литров [1].

Проведение противопожарных инструктажей. Работники объекта УИС и спецконтингент допускаются к работе только после прохождения противопожарного инструктажа. Также с гражданами, прибывающими на свидание, и с осужденными, вселяемыми в комнаты длительных свиданий, должен проводиться инструктаж о мерах пожарной безопасности.

Формирование пожарных дружин, пожарных команд, пожарно-технических комиссий. Учебные противопожарные тренировки с практической эвакуацией работников учреждений УИС и осужденных должны проходить не реже одного раза в полугодие на объектах с массовым пребыванием людей и не реже одного раза в год во всех остальных учреждениях УИС (с привлечением сил и средств подразделений ВПО) [3].

В части действий при возникновении пожара на территории учреждения УИС установлено, что не только персонал учреждения УИС, но и осужденные и (или) лица, содержащиеся под стражей, обязаны немедленно сообщить о месте его возникновения в подразделение ВПО, дежурному помощнику начальника объекта УИС и принять меры к его тушению. Одновременно дежурный персонал учреждения, ввиду особенностей поведения и психологии спецконтингента при пожаре, обязан вести наблюдение за осужденными и лицами, заключенными под стражу, в целях исключения возможности совершения ими побегов или других преступлений, а также принимает меры к обеспечению их безопасности [3].

Разработка инструкций по пожарной безопасности. Специфические требования к разработке инструкций по пожарной безопасности на объектах УИС нормативными документами Российской Федерации не устанавливаются.

Разработка планов эвакуации людей при пожаре. Планы эвакуации людей при пожаре и инструкции о мерах по пожарной безопасности разрабатываются только в том случае, если на объекте находятся 50 и более человек, а также если на объекте имеются рабочие места для 10 и более человек [3].

Разработка стендов с информацией о пожарной безопасности. Нормативными документами Российской Федерации не установлена необходимость разработки и размещения стендов с информацией о пожарной безопасности на объектах УИС.

Иные специфические требования. Территория объектов УИС (производственные, хозяйственно-складские, жилые зоны и т.д.) должна ежедневно очищаться от горючих отходов (производственного мусора, тары из горючих материалов, опавшей листвы, сухой травы и т.п.) [1].

Технические средства противопожарной защиты помещений, зданий и сооружений должны постоянно содержаться в исправном и работоспособном состоянии. В исключительных случаях и по согласованию с руководством подразделения ВПО допускается закрывать запасные эвакуационные выходы на внутренний механический замок. При этом комплект ключей от всех замков на дверях эвакуационных выходов должен храниться в помещении круглосуточного пребывания дежурного персонала [1].

В целях обеспечения беспрепятственного доступа к месту возникновения пожара в учреждениях УИС дубликаты ключей от всех помещений должны храниться в дежурной части учреждения УИС, а сами ключи должны быть оборудованы биркой с указанием открываемого помещения [3]. Отдельно отмечается, что комплект ключей от всех замков на дверях эвакуационных выходов должен храниться отдельно от других ключей, а дубликаты ключей должны находиться на стене возле эвакуационного выхода внутри здания (в прикрепленном опечатанном пенале).

Отдельно следует отметить особые требования к пожарной аварийно-спасательной технике, используемой ВПО на рассматриваемых объектах. Предусмотрено требование по оснащению пожарной техники тросами длиной не менее 15 метров, предназначенных для удаления решеток с окон при возникновении пожара. Вся техника, пребывающая на объектах УИС, должна быть оборудована защитными решетками на окнах кабины.

В Российской Федерации, как и в Республике Беларусь, уделяется большое внимание пожарной безопасности, в том числе при эксплуатации объектов УИС. Предотвращение пожаров, защита жизни и здоровья сотрудников и персонала, работающих на указанных объектах, а также лиц, содержащегося под стражей спецконтингента – неотъемлемые задачи при обеспечении пожарной безопасности. Особое внимание при этом должно быть уделено специфике режимных объектов в разрезе условий их эксплуатации и

содержания спецконтингента: при реализации требований в области пожарной безопасности следует акцентировать внимание на обеспечении охраны и реализации мероприятий, направленных на предотвращение побега. Проведенный анализ требований нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности при содержании и эксплуатации объектов УИС Российской Федерации может быть принят во внимание (взят за основу) при разработке требований к указанным объектам на территории Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении правил пожарной безопасности на объектах учреждений и органов Федеральной службы исполнения наказаний: приказ Федеральной службы исполнения наказаний М-ва юстиции Российской Федерации, 30 марта 2005 г. № 214 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901971463>. – Дата доступа: 03.10.2025.
2. Об утверждении наставления по организации деятельности пожарных частей, отдельных постов, групп пожарной профилактики ведомственной пожарной охраны учреждений, исполняющих наказания, и следственных изоляторов уголовно-исполнительной системы: приказ М-ва юстиции Российской Федерации, 3 сен. 2007 г. № 177 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902226674>. – Дата доступа: 24.10.2025.
3. Об установлении особенных требований пожарной безопасности на объектах учреждений, исполняющих наказание в виде лишения свободы, и следственных изоляторов УИС Российской Федерации : приказ Федеральной службы исполнения наказаний М-ва юстиции Российской Федерации, 21 октября 2024 г. № 733 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1310212330>. – Дата доступа: 25.10.2025.

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВНЕШНИХ БЕЗОПАСНЫХ И ВНУТРЕННИХ ДОПУСКАЕМЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Миканович А.С., Миканович Г.В., Белоокий А.Ю.

Университет гражданской защиты

Начиная с 1 января 2026 года органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям начинают осуществление государственного пожарного надзора на объектах, связанных с производством, хранением и утилизацией взрывчатых материалов и изделий, их содержащих [1]. Данные объекты характеризуются тем, что проводимые на них технологические процессы (операции) в случае возникновения аварии часто сопровождаются неконтролируемым взрывом, протекающем в форме детонации, с образованием, как правило, воздушной ударной волны (далее – ВУВ). Учитывая тот факт, что ВУВ может привести как

к травмированию или гибели человека, так и к разрушению зданий и сооружений, на объекте должен быть разработан комплекс мер по минимизации наступающих при взрыве последствий. Одним из таких мероприятий является размещение зданий и сооружений на производственной площадке с соблюдением разделительных расстояний как между ними, так и от них до границы населенных пунктов и инженерных сооружений. Разделительные расстояния устанавливаются между активным и пассивным зданием (сооружением) и подразделяются на внешний безопасные и внутренние допускаемые расстояния [2].

Под **активным зданием** понимается потенциально опасное здание (сооружение), в котором может возникнуть случайный взрыв (пожар) при превышении параметров технологического процесса [3].

Под **пассивным зданием** понимается здание (сооружение), на которое действуют поражающие факторы случайного взрыва (пожара) в активном здании [3].

Под **внешним безопасным расстоянием** понимается минимальное расстояние, необходимое для отделения жилой и промышленной застройки и других народохозяйственных объектов от зданий (сооружений), содержащих взрывопожароопасные вещества [3].

Под **внутренним допускаемым расстоянием** понимается обеспечивающее заданный уровень защиты расстояние, необходимое для разделения зданий (сооружений), по крайней мере одно из которых содержит взрывопожароопасные вещества [3].

Разделительные расстояния устанавливают в зависимости от характера разрушений объектов защиты от опасных факторов взрыва (пожара). Разделительные расстояния подразделяют [2]:

- по воздействию ВУВ на пассивные здания и сооружения;
- по воздействию лучистого теплового потока от активных зданий с пожароопасными веществами на пассивные здания;
- по исключению передачи детонации между зарядами, находящимися в сблокированных зданиях;
- по разлету обломков зданий и оборудования и осколков взрывоопасных изделий при случайном взрыве;
- по действию ВУВ на человека;
- по действию газов при случайном взрыве (пожаре);
- по сейсмическому воздействию случайного взрыва на пассивные здания и сооружения.

Разделительные расстояния определяют расчетом, когда воздействие основных поражающих факторов непосредственно зависит от расчетной загрузки зданий (помещений) взрывопожароопасными веществами.

Расчет **внутренних допускаемых расстояний** между активным и пассивным зданием по воздействию ВУВ проводят в следующей последовательности:

1. Определяется требуемый уровень защиты пассивного здания от воздействия поражающих факторов возможного взрыва (пожара), исходя из допустимого ущерба, наносимого взрывом (пожаром) при аварийном случае.

2. На основании требуемого уровня защиты определяется требуемая степень устойчивости пассивного здания к внешнему ударно-волновому воздействию.

3. Проводится оценка фактической степени устойчивости степени устойчивости пассивного здания к внешнему ударно-волновому воздействию.

4. Прогнозируется ожидаемая максимальная единовременно детонирующая масса заряда, находящегося в активном здании на момент начала и развития аварийной ситуации. Определяется расположение центра масс активного заряда.

5. Определяется наличие/отсутствие защитных конструкций у активного и пассивного зданий (обвалование, экранирование, обсыпка, включая крышу, врезка в вал с засыпкой крыши).

6. Определяется внутреннее допускаемое расстояние.

Определение внутренних допускаемых расстояний между двумя зданиями или сооружениями осуществляется последовательно, рассчитываются расстояния от каждого здания или сооружения и принимается большее из полученных расчетов.

Расчет **внешних безопасных расстояний** между активным и пассивным зданием по воздействию ВУВ проводят в следующей последовательности:

1. Определяется пассивного здания (жилое, общественное, административное).

2. Прогнозируется ожидаемая максимальная единовременно детонирующая масса заряда, находящегося в активном здании на момент начала и развития аварийной ситуации. Определяется расположение центра масс активного заряда.

3. Определяется внутреннее допускаемое расстояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: 3-н Респ. Беларусь, 15 июн. 1993 г., № 2403-ХП // Информационно-правовой портал для бухгалтеров, юристов и руководителей. – Режим доступа: <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/233395/взрывчат#M102585>. – Дата доступа: 30.11.2025.

2. Клевлеев, В.М. Промышленная безопасность производств энергонасыщенных материалов и изделий: учебное пособие для вузов / В. М. Клевлеев, И. А. Кузнецова, С. А. Чевилов. – М.: Изд-во Юрайт, 2023. – 250 с. – (Высшее образование). – Текст: непосредственный.

3. Промышленность боеприпасов и спецхимии. Термины и определения: ГОСТ Р 70400.1 – 2023. – введ. 01.04.2024. – М.: ФГБУ «Институт стандартизации», 2023. – 16 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ДЫМОВОМ АЭРОЗОЛЕ И ВОЗДУХЕ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗОНЕ ЧАЭС ЗА 30 ЛЕТ

Москвилин Е.А., Нагановский Ю.К., Власов К.С.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

За годы после Чернобыльской аварии в ЧЗО было официально зафиксировано более 1000 природных пожаров разного вида и масштабов. В том числе в наиболее радиоактивно загрязненной, «10-км ближней зоне» аварии [1-3]. Самые крупномасштабные пожары в ЧЗО произошли в августе 1992 года на общей площади 17 тыс. га, в 2015 году на 25 тыс. га, а также в 2016 и 2018 годах на наиболее радиоактивно загрязнённых в ЧЗО участках «Рыжего леса» в 2-5-км около Чернобыльской АЭС [2-3].

Крупнейший за всю историю пожар степной растительности и леса был в апреле 2020 года на площади около 87 тыс. га. Этот пожар вплотную подошел к ЧАЭС, а также затронул сгоревшие ранее в 2016 и 2018 годах наиболее радиоактивно загрязнённые в ЧЗО территории т. н. «Рыжего леса» Пожары на радиоактивно загрязненных территориях приводят к увеличению концентрации радионуклидов в воздухе в десятки и сотни раз [3].

Наибольшие дозы облучения получают пожарные при тушении пожаров на наиболее радиоактивно загрязненных участках ЧЗО около ЧАЭС. При этом наибольший вклад во внутреннюю дозу облучения пожарных дает ингаляция радиоактивных аэрозолей, содержащих ^{90}Sr , $^{238-241}\text{Pu}$.

Пожары почти не оказывают влияния на изменение мощности внешней дозы облучения, обусловленной, в основном, загрязнением ^{137}Cs .

Результаты Национального агентства Украины по управлению зоной отчуждения измерений максимальных концентрации радионуклидов в приземном слое воздуха непосредственно около фронта огня в зоне дыхания пожарных при проведении работ на наиболее радиоактивно загрязненных участках в ЧЗО показали (таблица 1), что ожидаемая внутренняя доза облучения участников пожаротушения за счет ингаляции радионуклидов, таких как ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{238-241}\text{Pu}$ даже без применения средств индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания, в течение рабочего дня (7.6 мкВ) значительно меньше доз внешнего облучения за 8 часов работы – 120 мкВ[3] таблица 1.

Удельные активности радионуклидов в воздухе при пожарах в ЧЗО и оценки ожидаемой дозы облучения участников пожаротушения в результате работы в районе ЧАЭС в течение 8 часов 13.04.2020.

	Радионуклид				
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Pu
Объемная активность радионуклидов в воздухе, Бк/м ³	0.18	1.2	0.00009	0.00026	0.0036
Ожидаемая доза внутреннего облучения за счет ингаляции, мкВ	0.03	4.32	0.09	0.27	0.07

Для изучения особенностей перераспределения радионуклидов при пожаре на загрязненном объекте, измерения параметров радиационного фона, концентраций радионуклидов в дымовом аэрозоле и оценки опасности дополнительного облучения личного состава пожарной охраны, в 30-ти километровой зоне вокруг Чернобыльской АЭС и в лесах Брянской области, в 1991 г. была проведена серия натуральных экспериментов.

Наибольшую опасность тогда и в настоящее время на РЗМ представляют радионуклиды цезия – ^{137} , стронция – ^{90} и альфа-частиц. С помощью спектрометрического и радиохимического анализа обнаружено наличие в дымовом аэрозоле радионуклидов цезия – ^{137} , стронция – ^{90} , и особенно плутония 238-240, что обуславливает применение средств защиты личного состава и альтернативных (дистанционных) способов тушения лесных пожаров и защиты объектов. В ходе экспериментальных исследований низовой пожар моделировался из опада, сухой хвои, листьев, мелких веток), верховой пожар – штабелями с древесиной и хвойных кустарников, а также изучалось горение заброшенных деревянных домов.

Максимальные значения концентраций радионуклидов при лесном низовом пожаре (около 2 Бк · м⁻³) были зарегистрированы непосредственно на площадке вблизи зоны горения. За пределами зоны горения концентрация цезия- ^{137} колебалась в широких пределах от 0,04 до 0,56 Бк·м⁻³ Таким образом, при пожаре отмечается превышение фоновых значений на величину до 50 раз. Также вблизи очага горения концентрации цезия – ^{137} , увеличиваются до 6-10 раз по сравнению с концентрациями на дальних расстояниях вне зоны горения.

Следует отметить, что максимальные удельные активности радионуклидов в воздухе при пожарах в зоне отчуждения ЧАЭС за прошедшие годы (30 лет) снизились на порядок (до 10 раз) Несмотря на то, что внутренняя доза облучения участников пожаротушения за счет ингаляции радионуклидов, таких как ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{238-241}\text{Pu}$ даже без применения средств индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания, в течение рабочего дня (7.6 мкЗв) значительно (в 20 раз) меньше доз внешнего облучения необходимо применять СИЗ

поскольку наличие альфа частиц в воздухе может привести к тяжелым последствиям.

Доза внешнего облучения участников пожаротушения может быть уменьшена за счет времени пребывания на территории с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs , а также экранирования гамма-излучения материалом кабин машин (до 10 раз) при использовании технических средств (автомобилей, тракторов и т.п.), а также за счет поглощения гамма-излучения в воздухе при применении авиации для тушения лесных пожаров [1]. Доза внутреннего облучения участников пожаротушения может быть уменьшена в десятки раз за счет использования СИЗ органов дыхания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goldammer J.G., Kashparov V., Zibtsev S., Robinson S. 2014. Best practices and recommendations for wildfire suppression in contaminated areas, with focus on radioactive terrain. Organisation for Security and Co-operation in Europe. <http://gfmc.online/globalnetworks/seeurope/OSCE-GFMC-Report-Fire-Management-Contaminated-Terrain-2014-ENG.pdf> октября 2021.
2. Кашпаров В.А., Миронюк В. В., Журба М.А., Зибцев С.В., Глуховский А.С. Радиологические последствия пожара в чернобыльской зоне отчуждения в апреле 2015 года. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2017. Вып. 5, 2017, Том 57. — С. 512–527.
3. Дворник А.М., Дворник А.А. Атмосферный перенос радионуклидов с дымом лесных пожаров // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2007. Вып. 67. С. 85-93.

ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ДЫМОВОМ АЭРОЗОЛЕ И ВОЗДУХЕ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗОНЕ ЧАЭС ЗА 30 ЛЕТ

Москвилин Е.А., Нагановский Ю.К., Власов К.С.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

Во исполнение протокола совещания по вопросу организации проведения «Деловой игры» по ликвидации ландшафтных (природных) пожаров и защиты населенных пунктов на территории Российской Федерации от 11 июня 2024 г. № 181-ИД Главного управления пожарной охраны МЧС России и замысла проведения «Деловой игры, Главное управление МЧС России по Республике КРЫМ с 17 по 19 июня 2024 года приняло участие в «Деловой игре» по теме:

«Ликвидация ландшафтных (природных) пожаров на территории Российской Федерации».

В 10:30 диспетчером ЕДДС муниципального образования городского округа Ялта получена вводная:

На территории Государственного природного заповедника «Ялтинский горно-лесной» объединенной дирекции особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым» на расстоянии двух километров от поселка Оползневое, городского округа Ялта, произошло столкновения транспортного средства с деревом.

В результате столкновения произошел разлив и возгорание горюче-смазочных материалов, пожар распространился на сухую растительность, с дальнейшим переходом горения на территорию лесного фонда.

В результате аварии пострадал 1 человек, который нуждается в медицинской помощи и проведении деблокирования из поврежденного автомобиля.

В связи с порывами ветра до 20 м/с, площадь пожара увеличилась до 26 га, существует угроза распространения огня в направлении населенного пункта Оползневое (51 дом, 417 жителей, 38 детей,).

Метеорологическая обстановка: температура воздуха – 33°C; ветер – ЮВ, 17 м/с, в порывах до 20 м/с; класс пожарной опасности – 5.

Действия штаба

В соответствии с требованиями постановления правительства Российской Федерации от 22 декабря 2023 года № 2263 «Об утверждении уровней реагирования на ландшафтные (природные) пожары» [1]. на заседании КЧС и ОПБ Республики Крым установлен региональный уровень реагирования на ландшафтный (природный) пожар создан оперативный штаб и приняты следующие решения:

учитывая непосредственную близость возникновения пожара к населённому пункту и его распространение в сторону поселка Оползневое сложившаяся ситуация признана, как природная чрезвычайная ситуация регионального характера; в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2017 года № 1464 «О привлечении сил и средств федеральных органов исполнительной власти для ликвидации чрезвычайных ситуаций в лесах, возникших вследствие лесных пожаров» [2] вводятся силы и средства Главного управления МЧС России по Республике Крым;

Создан штаб решением руководителя ликвидации чрезвычайной ситуации Губернатором. КРЫМА Аксеновым. 18.06.2024. В составе 37 чел. и 7 ед. техники.

Установлен региональный уровень реагирования.

Организован сбор, анализ, обобщение информации. О всех изменениях складывающейся обстановки, принимаемых мерах доклады представлять в соответствии с табелем срочных донесений.

Штаб контролировал количество сил и средств для перераспределение инженерной техники из резерва Министерства транспорта и дорожного хозяйства.

На месте возникновения чрезвычайной ситуации организованы следующие мероприятия:

- создан межведомственный оперативный штаб по тушению лесного пожара;
- в зону возникновения ЧС направлены дежурные силы и средства 2 пожарно-спасательного отряда ФПС ГПС Главного управления;
- на базе пожарно-спасательных отрядов ФПС ГПС формируются сводные отряды для тушения лесного пожара в случае ухудшения оперативной обстановки;
- объявлен сбор резервных караулов и введена в боевой расчет резервная техника;
- объявлен сбор аэромобильной группировки Главного управления с последующей отправкой в зону ЧС;
- в зоне ЧС управление организовано по следующим каналам связи:
 1. УКВ на базе действующего ретранслятора расположенного на горе Кошка;
 2. спутниковый канал с использованием телефона Иридиум входящего в оснащение оперативной группы;
 3. (сотовый) в сетях действующих операторов мобильной связи с уверенной зоной покрытия в данном районе.

На месте штаба тушения пожара развернуты дополнительные места по зарядке АКБ радиостанций.

В настоящий момент группировка усилена мобильным узлом связи доукомплектованным 50 носимыми радиостанциями.

Общий состав группировки

организовано привлечение сил и средств территориальной подсистемы РСЧС Республики Крым в соответствии с Планом действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций Республики Крым в количестве 1114 человек и 250 единиц техники

(Главное управление МЧС России по Республике Крым, подведомственные учреждения МЧС Республики Крым, Министерство экологии и природных ресурсов, Министерство ЖКХ, МВД и министерство здравоохранения Республики Крым, а также ФГБУ Заповедный Крым).

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление правительства Российской Федерации от 22 декабря 2023 года № 2263 «Об утверждении уровней реагирования на ландшафтные (природные) пожары».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2017 года № 1464 «О привлечении сил и средств федеральных органов исполнительной власти для ликвидации чрезвычайных ситуаций в лесах, возникших вследствие лесных пожаров».

СИСТЕМЫ АНАЛИЗА РИСКОВ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Рокало Д.И., Говор Э.Г., Курский И.А.

Университет гражданской защиты

В современном мире, где урбанизация и технологический прогресс развиваются стремительными темпами, обеспечение безопасности зданий и сооружений становится приоритетом для архитекторов, инженеров и городских планировщиков. Пожары остаются одной из наиболее разрушительных угроз, ежегодно унося тысячи жизней и нанося миллиардные убытки экономике. Традиционные методы проектирования противопожарных систем часто полагаются на ручной анализ и статические модели, которые не всегда учитывают динамику реальных сценариев, таких как изменения в нагрузке здания, поведении людей или внешних факторах. Это приводит к пробелам в безопасности и высоким затратам на исправления после инцидентов.

В ответ на эти вызовы возникают инновационные подходы: BIM (Building Information Modeling) и методы искусственного интеллекта (ИИ). BIM представляет собой цифровую платформу, которая интегрирует все аспекты в единую 3D-модель, содержащую геометрические и функциональные данные. Это позволяет создавать «цифровые двойники» зданий, где каждая деталь, от стен и трубопроводов до систем вентиляции и эвакуации, моделируется с высокой точностью. Когда BIM сочетается с ИИ, включая алгоритмы машинного обучения, глубокого обучения и предиктивной аналитики, открываются новые горизонты для анализа рисков и автоматизации.

Системы анализа рисков на основе BIM и ИИ способны обрабатывать огромные массивы данных в реальном времени, выявлять скрытые паттерны и предсказывать потенциальные угрозы. Например, ИИ может анализировать исторические данные о пожарах, симулировать сценарии распространения огня и дыма, оценивать эффективность противопожарных барьеров и оптимизировать размещение датчиков и систем тушения. Автоматизация проектирования противопожарных мероприятий означает, что инженеры получают не только рекомендации по соблюдению нормативов (ТР, ТНПА), но и адаптивные решения, учитывающие уникальные особенности каждого объекта. Это сокращает время проектирования на 30–50%, снижает вероятность ошибок и повышает общую устойчивость зданий к чрезвычайным ситуациям.

Архитектура, проектирование и строительство все больше зависят от трехмерных (3D) планов зданий, созданных с помощью систем автоматизированного проектирования. Достижения в технологии BIM стимулировали широкий спектр подходов к автоматизации процесса проверки соответствия нормам. Традиционно проектировщики и местные органы власти

полагаются на 2D планы зданий, чтобы вручную проверить их соответствие действующим строительным нормам и правилам. По мере увеличения сложности моделей BIM эта процедура становится все более трудоемкой и может привести к неоднозначности в оценках проекта [1]. Крайне субъективный характер строительных норм и правил может дополнительно привести к неэффективности процесса ручной проверки. Автоматизация процесса проверки соответствия нормам обеспечивает большую точность, последовательность и полноту процесса проектирования по сравнению с процедурой ручной проверки [2].

Риски возникновения пожаров и взрывов на различных объектах, за счёт анализа данных и прогнозирования, с помощью современных технологий позволяют значительно снизить возможные угрозы [3]. Искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в повышении безопасности, обеспечивая автоматический мониторинг, анализ потенциальных рисков и моделирование возможных сценариев развития событий. Развитие ИИ в данной сфере обусловлено стремлением к минимизации ущерба, повышению эффективности противопожарных мероприятий и созданию интеллектуальных систем управления рисками. В этом контексте особое внимание стоит уделить применению ИИ в специальных программах для моделирования (строительства) зданий, что позволяет оценивать и анализировать пожаростойкость конструкций на стадии проектирования и предотвратить возникновение потенциальных опасных ситуаций ещё до начала строительства.

Для создания BIM-моделей зданий на территории Республики Беларусь используется целый ряд программных комплексов, таких как: ArchiCAD, AutoCAD, Компас3D и другие. Создание отдельных 3D моделей объектов, элементов, установок, оборудования возможно и в простых программах, среди которых популярен Sketchup. За рубежом, помимо вышеперечисленных приложений, используются: CORENET BIM e-Submission, BIM Assure, Jotne Express Data Manager (EDM), Solibri Model Checker (SMC) и Daima. Так, проект CORENET в Сингапуре считается первым успешным [4] веб-сервисом, который изначально был сосредоточен на 2D-чертежах (CORENET BP-Expert), но позже переключился на проверку 3D-моделей (CORENET e-Plan Check) и теперь известен как CORENET BIM e-Submission [5]. Подобно разработке CORENET e-Plan Check, DesignCheck был разработан в Австралии [6] для поддержки 2D-проверки.

В настоящий момент за рубежом появилось несколько программных приложений, специально предназначенных для анализа и проверки моделей зданий на платформе BIM. Наиболее известным программным приложением является SMC, автономное приложение, которое содержит около 300 правил, связанных с эвакуацией, управлением пространством и доступностью [7]. Пользователям требуется только выбрать наборы правил, изменить параметры и просто нажать кнопку «ПРОВЕРИТЬ», чтобы запустить автоматизированный процесс проверки. SMC был протестирован в проекте HITOS в Норвегии [8].

Другими новыми приложениями являются BIM Assure, выпущенный в 2016 году [9], и Daima, выпущенный в 2019 году [10].

Существующие приложения имеют один существенный недостаток. В CORENET BIM e-Submission сингапурские строительные нормы были представлены через объектно-ориентированный подход на независимой платформе FORNAX [4,8]. FORNAX — это библиотека объектов C++, где правила жестко закодированы в системе. Для DesignCheck Jotne EDM предложила внутренний механизм правил для представления и управления правилами; однако изменение правил могло выполняться только разработчиками программного обеспечения [7,8,13]. Это ограничение существует и в SMC, где пользователям разрешено только настраивать параметры предварительно отформатированных правил [14]; создание новых правил может быть выполнено только по запросу в рамках платной подписки. В BIM Assure создание новых правил ограничено негеометрическими параметрами [15], тогда как в Daima создание новых правил снова является правом разработчика программного обеспечения. Утверждалось, что в самых ранних приложениях поддержка и расширение правил были сложными в исполнении. По этой причине прозрачность и гибкость для пользователей в оценке базы данных правил считались преимуществом при разработке новых автоматизированных систем. Предыдущие исследования показали, что представление правил в логическом подходе более доступно для пользователей [16].

Искусственный интеллект (ИИ) уже демонстрирует впечатляющие результаты в анализе инфраструктуры, особенно в обнаружении дефектов на дорогах. Исследования, такие как работы в журнале *Automation in Construction* [16], показывают, как алгоритмы компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей (CNN) обучаются распознавать трещины в асфальте по изображениям с дронов или камер. Эти модели достигают точности до 95%, где ИИ анализирует статичные 2D-изображения для выявления линейных дефектов. Обучение относительно простое: данные визуально однородны, риски предсказуемы (трещины — это физические повреждения), а применение не требует немедленных действий — достаточно планового ремонта. Однако перенос этого подхода на обнаружение рисков в пожарной безопасности оказывается значительно сложнее. Проблема не в отсутствии потенциала ИИ, а в фундаментальных различиях задач. Трещины в асфальте — это статичный, визуальный дефект в контролируемой среде (дорога). Пожарные риски, напротив, динамичны и многомерны: они зависят от комбинации факторов — материалов здания, поведения людей, погодных условий и даже случайных событий (например, короткое замыкание). Для обучения ИИ нужны огромные объёмы симулированных и реальных данных [18] о пожарах, но такие «датасеты» редки и этически чувствительны (нельзя "экспериментировать" с реальными пожарами). В странах СНГ отсутствие локальных разработок усугубляет проблему: нет адаптированных датасетов под

региональные здания (деревянные конструкции, старый фонд), что приводит к различию в моделях, обученных на западных данных.

В заключение, интеграция BIM-технологий и методов искусственного интеллекта представляет собой революционный шаг в области анализа рисков и автоматизации противопожарных мероприятий. Эти системы не только повышают точность и эффективность проектирования, но и способствуют созданию устойчивых, безопасных и адаптивных зданий, готовых к вызовам будущего. Несмотря на существующие вызовы потенциал для инноваций огромен. Дальнейшие исследования и практическое внедрение этих технологий обещают значительно снизить риски пожаров, сохранить жизни и ресурсы, формируя новую парадигму в строительной отрасли. Особое внимание следует уделить странам СНГ, где отсутствие локальных разработок в этой сфере требует ускоренного развития, чтобы не отставать от глобальных тенденций и обеспечить адекватную защиту от пожарных угроз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, 3rd ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2018.
2. Nawari, N.O. Building Information Modeling Automated Code Checking and Compliance Processes, 1st ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.
3. Акимов В.А., Мишурный А.В., Якимюк О.В. и др. Прогнозно-аналитические решения по природным, техногенным и биолого-социальным угрозам единой системы информационно-аналитического обеспечения безопасности среды жизнедеятельности и общественного порядка «Безопасный город»: монография / под ред. А.П. Чуприяна. Москва: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022. 316 с. ISBN 978-5-93970-278-2.
4. Khemlani, L. CORENET e-PlanCheck: Singapore's Automated Code Checking System. 2005. Available online: <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/CORENETePlanCheck.htm>
5. BCA. CORENET-About Us. 2021. Ссылка: <https://www.corenet.gov.sg/general/about-us.aspx>.
6. Ding, L.; Drogemuller, R.; Rosenman, M.; Marchant, D.; Gero, J. Automating Code Checking for Building Designs-DesignCheck 2006, 1–16. Ссылка: <https://ro.uow.edu.au/engpapers/4842>.
7. Preidel, C.; Borrmann, A. BIM-Based Code Compliance Checking, Building Information Modeling; Springer: New York, NY, USA, 2018; pp. 367–381.
8. Eastman, C.; Lee, J.-M.; Jeong, Y.-S.; Lee, J.-K. Automatic rule-based checking of building designs. Autom. Constr. 2009, 18, 1011–1033.
9. Invicara, BIM Assure Deliver Complete, Reliable BIM Data. 2020. Ссылка: <https://invicara.com/technology/bim-assure/>.
10. Daima. Daima Streamlines the Plan-Checking Process. 2020. Ссылка: <https://daima.squarespace.com/>.

11. Zijing Zhang MSc; Rule capture of automated compliance checking of building requirements: a review Author links open overlay panel Ссылка: <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/abs/pii/S2397875923000121>.
12. Ning Li, Guozhong Huang, Huiling Jiang, Xuehong Gao; Fire propagation-driven dynamic intelligent evacuation model in multifloor hybrid buildings Author links open overlay panel Ссылка: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034623002252>.
13. Shih, S.-Y.; Sher, W.; Giggins, H. Assessment of the building code of Australia to inform the development of BIM-enabled code checking system. In Proceedings of the 19th World Building Congress: Construction and Society, Brisbane, QLD, Australia, 5–9 May 2013; pp. 1–12.
14. Lee, Y.-C.; Eastman, C.; Lee, J.-K. Validations for ensuring the interoperability of data exchange of a building information model. *Autom. Constr.* 2015, 58, 176–195.
15. Kincelova, K.; Botton, C.; Blanchet, P.; Dagenias, C. BIM-Based Code Compliance Checking for Fire Safety in Timber Buildings: A Comparison of Existing Tools. *Can. Soc. Civ. Eng. Can.* 2019, CON226-01–CON226-10. Ссылка: http://amz.xcdsystem.com/A464D029-DBD8-FB0C-B034B891CCEED78C_abstract_File10551/PaperPDFversion_226_0603014558.pdf
16. Greenwood, D.; Lockley, S.; Malsane, S.; Matthews, J. Automated compliance checking using building information models. In Proceedings of the Construction, Building and Real Estate Research Conference, Paris, France, 2–3 September 2010; pp. 363–371.
17. A. Zhang, K.C.P. Wang, B. Li, E. Yang, X. Dai, Y. Peng, Y. Fei, Y. Liu, J.Q. Li, C. Chen; Automated pixel-level pavement crack detection on 3D asphalt surfaces using a deep-learning network: pixel-level pavement crack detection on 3D asphalt surfaces, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering.*, 32 (2017), pp. 805–819.
18. Sheeba Angel A., Jayaparvathy R.; Performance modeling of an intelligent emergency evacuation system in buildings on accidental fire occurrence Ссылка: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753518307185>.

ВІМ-ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕННЯ ПОЖАРНОЇ БЕЗОПАСНОСТІ ЗДАНИЙ І СООРУЖЕНЬ

Рокало Д.І., Курский І.А., Говор Э.Г.

Університет гражданской защиты

Современные архитектурные и инженерные решения, направленные на создание сложных, многофункциональных пространств, вступают в противоречие с традиционными методами обеспечения пожарной безопасности, основанными на работе со стандартными двухмерными чертежами, что может привести к ошибкам координации, позднему выявлению

коллизий, сложностям в проведении комплексного анализа рисков и, как следствие, к снижению общего уровня безопасности объекта.

Технология информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) представляет собой не эволюцию средств автоматизации проектирования (Computer-Aided Design, CAD), а принципиально новую методологию, основанную на создании и управлении виртуальным цифровым двойником объекта на всем его жизненном цикле (рисунок 1) [1]. Данная технология может быть использовано для превентивного и интегративного обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

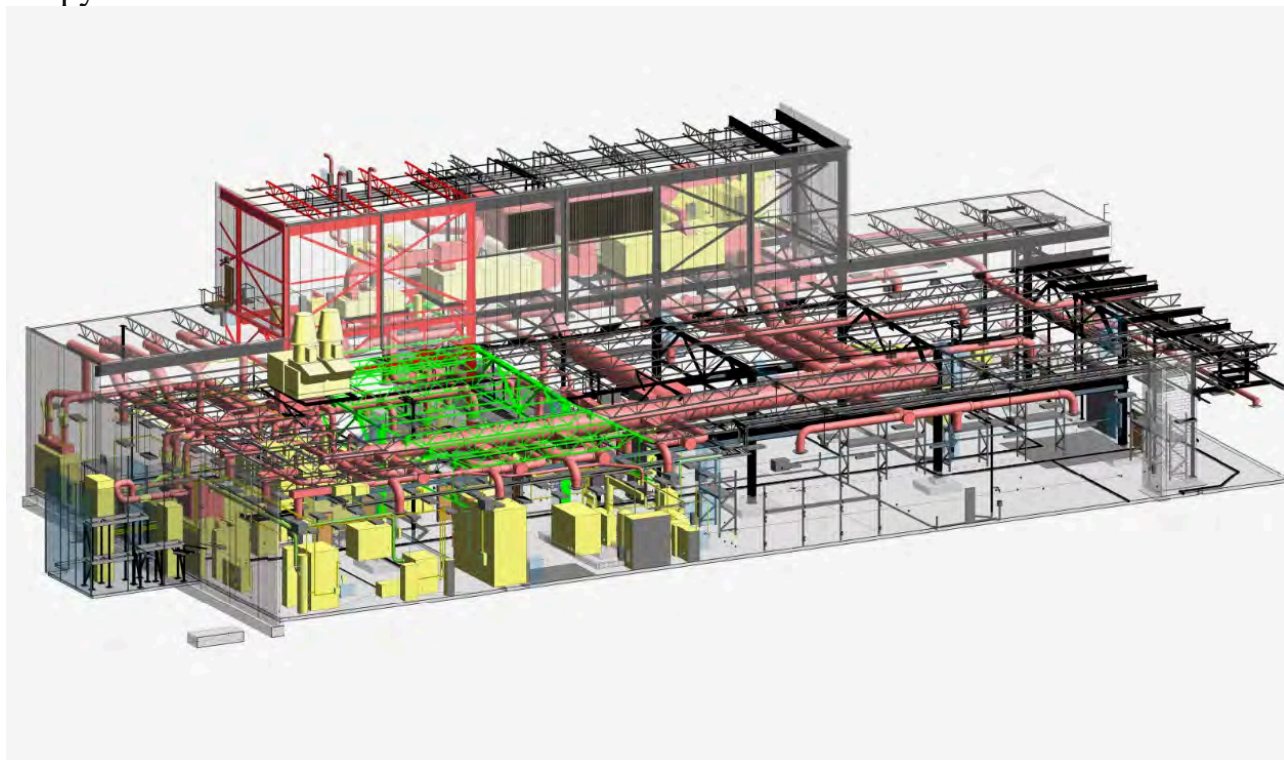


Рисунок 1 – Пример проекта здания с использованием BIM-технологии

BIM-модель является управляемой базой данных, где каждый элемент (строительные конструкции, заполнение проемов, элементы пожарной автоматики) является интеллектуальным объектом с набором атрибутов. Для целей обеспечения пожарной безопасности ключевыми являются следующие факторы:

1. Каждому строительному элементу (строительный материал, изделие, конструкция) присваиваются атрибуты: пожарно-технические характеристики материала (изделия), предел огнестойкости, класс пожарной опасности.

2. Все разделы проекта (архитектурно-строительные решения, технологические решения, автоматические установки пожаротушения, системы пожарной сигнализации, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией, передачи извещений о пожаре и т.д.) синхронизированы, что позволяет на ранних стадиях выявлять пространственные и логические коллизии (например, невозможность прокладки трубопроводов для автоматических систем пожаротушения через строительные конструкции (рисунок 2)) [2] или

выявление нарушений пожарной безопасности на этапе проектирования (например, невозможность применения тех или иных конструкций при выделении категорируемых помещений в пожарные секции).

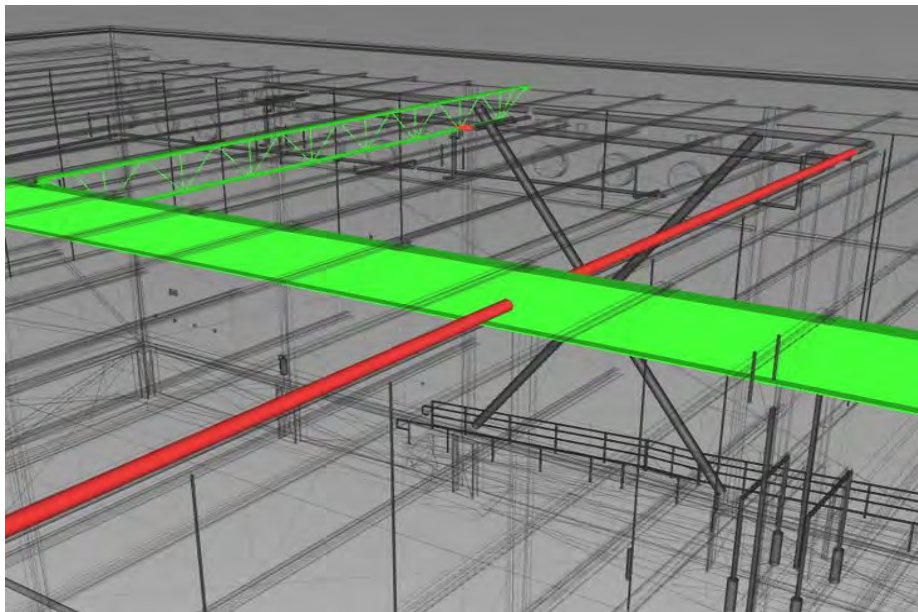


Рисунок 2 – Пример выявления коллизии при прокладке коммуникаций

3. Информационная модель служит единым достоверным источником данных для всех этапов: проектирование (3D), анализ сроков строительства (4D), стоимостное планирование (5D), эксплуатация и энергоэффективность (6D).

Практическое внедрение методологии BIM для целей пожарной безопасности представляет собой сквозной процесс, интегрированный во все фазы существования здания – от замысла до ликвидации возможной чрезвычайной ситуации. Начинается этот процесс на стадии проектирования, где BIM раскрывает свой потенциал как платформа для глубокого инженерного анализа, а не просто инструмент черчения. Здесь создаваемая информационная модель становится основой для превентивной оценки рисков. В первую очередь, она позволяет формализовать и автоматизировать проверку соответствия многочисленным и зачастую сложно сопоставимым нормативным требованиям. Специализированное программное обеспечение, используя геометрию и атрибуты модели, может алгоритмически проверять правильность примененных строительных конструкций, требования обеспечения успешной эвакуации людей при пожаре, правильность расстановки и достаточное количество первичных средств пожаротушения, эффективность применения элементов пожарной автоматики, что существенно снижает человеческую ошибку и повышает качество проекта.

Информационная модель служит отправной точкой для сложных динамических расчетов, которые в традиционном процессе часто носят обособленный или упрощенный характер. Экпортируя точную геометрию помещений, конструкций и вентиляционных каналов в специализированные

среды вычислительной гидродинамики (CFD), инженеры получают возможность с высокой степенью достоверности смоделировать развитие условного пожара при различных условиях. Результаты такого моделирования являются научно обоснованной базой для проектирования эффективных систем противодымной защиты, определения необходимой производительности вентиляторов и оптимального расположения дымоприемных устройств. Параллельно с анализом физики пожара, BIM-модель интегрируется с системами агентного моделирования для симуляции процесса эвакуации людей. Загрузка в эти программы точной планировки и параметров путей эвакуации позволяет протестировать различные сценарии, оценить время блокирования выходов и оптимизировать планировочные решения еще до начала строительства, минимизируя тем самым ключевой риск для жизни людей (рисунок 3) [3].

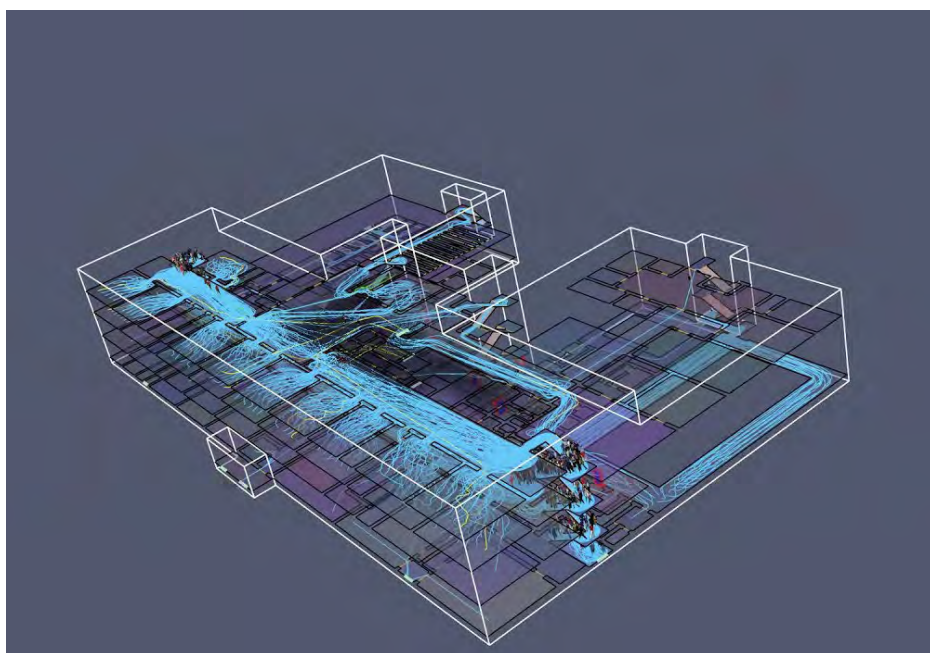


Рисунок 3 – Применение агентного моделирования для симуляции процесса эвакуации при пожаре

Переход к этапу экспертизы и согласования демонстрирует еще одно преимущество BIM – повышение прозрачности и наглядности для проверяющих органов. Вместо изучения тысяч разрозненных листов чертежей, эксперт взаимодействует с целостной информационной моделью, где по запросу можно мгновенно получить все технические характеристики любого элемента, касающиеся пожарной безопасности.

Наиболее значительная трансформация, однако, происходит на этапе эксплуатации, где BIM-модель эволюционирует в активный инструмент управления безопасностью. Интегрированная с элементами пожарной автоматики, она становится основой для ситуационного центра в момент чрезвычайного происшествия. При срабатывании системы пожарной сигнализации модель строит точную трехмерную визуализацию условного

очага возгорания в контексте окружающих помещений. При непосредственной ликвидации BIM-модель отражает маршруты подъезда для пожарной техники, места установки автолестниц, места размещения наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения. Это кардинально повышает скорость и эффективность принятия первых решений. В штатном же режиме модель функционирует как централизованная и всегда актуальная база знаний об объекте, храня полную историю обслуживания, ремонтов и проверок всех систем пожарной безопасности (системы пожарной сигнализации и установок пожаротушения, первичных средств пожаротушения, внутреннего противопожарного водоснабжения), что обеспечивает планирование превентивных мер и соблюдение регламентов при эксплуатации здания.

Подводя итог, можно сказать, что BIM-технологии представляют собой мощный инструмент для повышения уровня пожарной безопасности. Их главное преимущество заключается в создании целостной и наглядной цифровой модели, которая становится единым достоверным источником информации для всех участников процесса — от проектировщика до эксплуатанта. Это позволяет на ранних стадиях выявлять и устранять противоречия между различными системами, автоматизировать рутинные проверки на соответствие нормативам и проводить сложные инженерные расчеты, такие как моделирование распространения пожара или эвакуации людей, на основе точной геометрии будущего здания. В результате значительно повышается качество проектных решений, снижается количество ошибок и закладывается научно обоснованный подход к безопасности.

Однако, несмотря на очевидные плюсы, широкое внедрение BIM в сфере пожарной безопасности наталкивается на ряд серьезных препятствий. Ключевой проблемой остается правовая неопределенность: существующие нормативные регламенты и процедуры экспертизы в Республике Беларусь в основном ориентированы на бумажную документацию, что не дает возможности в полной мере использовать цифровую модель как юридически значимый документ. Кроме того, переход на BIM требует значительных первоначальных инвестиций в дорогостоящее программное обеспечение и переобучение персонала. Ощущается и острая нехватка комплексных специалистов, которые одинаково глубоко разбирались бы как в тонкостях пожарных норм, так и в методологии информационного моделирования.

Перспективы развития этого направления напрямую зависят от преодоления указанных барьеров. В первую очередь, необходима постепенная, но последовательная адаптация нормативной базы, которая узаконила бы использование BIM-моделей в официальных процессах согласования и сдачи объектов. Критически важным является развитие образовательных программ, направленных на подготовку нового поколения специалистов, для которых работа в цифровой среде с учетом требований пожарной безопасности станет естественным навыком. Несмотря на существующие организационные и технологические проблемы, использование BIM имеет существенный потенциал для обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, 3rd ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2018.
2. Nawari, N.O. Building Information Modeling Automated Code Checking and Compliance Processes, 1st ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.
3. Коткова, Е.А. Агентное моделирование процесса эвакуации людей при пожарах в зданиях: обзор подходов и исследований / Е.А. Коткова, А.В. Матвеев, С.А. Нефедьев, А.А. Таранцев // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 10. – С. 55–60. – DOI: 10.17513/snt.39791.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕР ВЗРЫВОЗАЩИТЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Силкин Н.Р., Говор Э.Г.

Университет гражданской защиты

Проблема обеспечения безопасности человека, материальных ценностей и окружающей среды от техногенных катастроф занимает одно из центральных мест в повестке дня современного общества. Среди наиболее разрушительных и скоротечных чрезвычайных событий особую опасность представляют пожары и взрывы. Исторический анализ крупнейших аварий на промышленных объектах, транспорте и в гражданских зданиях – от печально известной аварии на Чернобыльской АЭС до катастроф на химических заводах в Тулузе или Тяньцзине – недвусмысленно свидетельствует, что эти угрозы редко реализуются изолированно. Пожарная безопасность и взрывозащита развивались как параллельные, хотя и смежные, области знания. Нормативная база, методики расчета, технические средства и организационные меры часто формировались и применялись отдельно, ориентируясь на специфику «типового» пожара или «стандартного» взрыва. Обеспечение пожарной безопасности напрямую зависит от взрывозащиты здания или сооружения. Взрывозащита – это меры, предотвращающие воздействие на людей опасных факторов взрыва и обеспечивающие сохранение материальных ценностей. Она важна для спасения жизней людей, защиты имущества, окружающей среды и экономики от разрушительных последствий пожаров, которые могут привести к гибели, серьезным травмам, уничтожению ценных объектов и загрязнению воздуха.

Рассмотрим подходы к обеспечению взрывозащиты в Республике Беларусь и в странах ближнего зарубежья на примере Республики Казахстан:

В Республике Беларусь основными средствами обеспечения взрывозащиты являются легкобрасываемые конструкции (ЛБК). Легкобрасываемые конструкции представляют собой специальные наружные ограждающие конструкции зданий, сооружений (или их части),

предназначенные для уменьшения давления при взрыве с целью обеспечения безопасности людей, сохранности конструкций и оборудования. В качестве ЛСК используются специальные оконные блоки из ПВХ или алюминия с одинарным стеклом или стеклопакетом (иногда с определенной толщиной), а также облегченные стеновые панели и элементы кровли, которые рассчитаны на разрушение при взрыве, чтобы сбросить избыточное давление, защищая людей и здание; ключевое в них – специальные узлы крепления. Легкосбрасываемые конструкции делятся на инерционные (остекление, которое, в свою очередь, делится на горизонтальное и вертикальное) и безынерционные (вращающиеся и смещающиеся).

Рассмотрим виды легкосбрасываемых конструкций (рис. 1):

1. Вращаемая ЛСК – конструкция, в которой при воздействии избыточного давления взрыва одна ось (горизонтальная или вертикальная) остается неподвижной, а остальные точки плоскости конструкции при вскрытии описывают окружности с центрами на неподвижной оси.
2. Разрушаемая ЛСК – конструкция, в которой при воздействии избыточного давления взрыва происходит макроскопическое нарушение сплошности составляющего ее материала.
3. Смещаемая ЛСК – конструкция, в которой при воздействии избыточного давления взрыва разрушаются элементы, посредством которых конструкция удерживается в ограждении помещения, при этом макроскопическое нарушение сплошности составляющего ее материала, как правило, не происходит.



Вращаемая ЛСК



Разрушаемая ЛСК



Смещаемая ЛСК

Рисунок 1. Виды легкосбрасываемых конструкций

В Республике Казахстан одним из подходов к обеспечению взрывозащиты является рулонный ковер. Рулонный ковер представляет собой специальное кровельное покрытие (часто из полипропилена), которое должно быстро сбрасываться (разрушаться) при избыточном давлении взрыва, чтобы погасить ударную волну внутри здания. Рулонный ковер на участках легкосбрасываемых конструкций покрытия следует разрезать на карты площадью не более 180 м^2 каждая (СП РК 3.02-127-2013). Расчетное давление от массы легкосбрасываемых конструкций покрытия должна составлять не более $0,7 \text{ кПа}$ (70 кгс/м^2). Для взрывоопасных производств такие конструкции выполняют сборными с поверхностной плотностью не более 70 кг/м^2 .

Рассмотрим в каких помещениях следует предусматривать ЛСК:

В помещениях категорий А и Б следует предусматривать наружные легкобрасываемые конструкции (кроме помещений для вентиляционного оборудования) площадью, определяемой расчетом по СП 2.02.01-2023 (не применяется для: котельных зданий; зданий и помещений АИТ; детонационных процессах; помещений, линейные размеры которых (длина, ширина, высота) отличаются один от другого более чем в 10 раз; взрывов пылей неорганических веществ и металлов; взрывов, при которых расчетная скорость распространения пламени $U_p \geq 65$ м/с (при данных условиях применение ЛСК неэффективно)).

Нормируемую площадь ЛСК в наружных ограждающих конструкциях помещения $S_{\text{ЛСК}}$ определяют из условия

$$\sum_{i=1}^n S_{\text{ЛСК}} K_{\text{вскр.}i} \geq S_{\text{ЛСК min}}, \quad (1)$$

Общий метод расчета:

$$S_{\text{ЛСК min}} = \frac{0,105 U_{\text{н.р}} a(\varepsilon_c - 1) \beta_u K_{\text{ф}} \sqrt[3]{V^2} \times \sqrt{\rho_0}}{\sqrt{\Delta P_{\text{доп}}}}, \quad (2)$$

В качестве ЛСК должны использоваться конструкции, эффективность использования которых подтверждена испытаниями по СТБ 1762.

Безынерционные ЛСК с одинарным остеклением могут применяться без испытаний при условии, что площадь отсека в них будет не менее 0,8 м² при толщине стекла 3 мм; 1,0 м² при толщине стекла 4 мм и 1,5 м² при толщине стекла 5 мм.

При отсутствии возможности расчета площадь ЛСК должна составлять не менее 0,05 м² на 1 м³ объема помещения категории А и не менее 0,03 м² на 1 м³ объема помещения категории Б. В помещениях категорий А и Б с отношением сторон более 5:1 ЛСК следует устраивать преимущественно в наружных торцевых стенах.

В Республике Казахстан расчет площади ЛСК ведется иначе:

Для определения площади ЛСК в Казахстане (СП РК 3.02 127-2013) необходимо найти максимальную площадь поверхности пламени по формуле

$$F = \alpha \sqrt{\frac{p}{\Delta p}} u \varepsilon (\varepsilon - 1) \sqrt[3]{V}, \quad (3)$$

Разделив левую и правую части последнего выражения для определения требуемой площади легкобрасываемых конструкций на объем помещения, получим так называемый коэффициент сброса в м² на 1 м³ помещения, принятый в СНиП «Производственные здания» [5] в качестве конструктивного критерия требуемого объема противозрывных строительных мероприятий:

$$K_{\text{сбр}} = \alpha \sqrt{\frac{p}{\Delta p}} \frac{u \varepsilon (\varepsilon - 1)}{\sqrt[3]{V}}, \quad (4)$$

Вывод: риски пожаров и взрывов на объектах связаны с наличием горючих материалов, неисправность электрооборудования, нарушением

технологических процессов, человеческим фактором, а также спецификой производств (химические, целлюлозные, нефтегазовые). Особую опасность представляют взрывы пыли, газа и паров ЛВЖ, сопровождающиеся выделением токсичных веществ и высокими температурами, что требует применения взрывозащиты и легкобрасываемых конструкций. В Республике Беларусь и Республике Казахстан схожие требования к легкобрасываемым конструкциям, так как нормативная база указанных стран основана на документах, разработанных еще в СССР. Заметим, что Республика Беларусь применяет устоявшуюся, четко регламентируемую расчетную методику основанную на СН 2.02.01-2023, а Республика Казахстан демонстрирует более динамичный путь, заключающийся в моделировании параметров по СП РК 3.02-127-2013.

ЛИТЕРАТУРА

1. СН 2.02.05-2020 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
2. СТБ 11.0.03-95 Система стандартов пожарной безопасности. Пассивная противопожарная защита. Термины и определения».
3. СП 2.02.01-2023 Конструкции легкобрасываемые. Правила расчета.
4. СП РК 3.02-127-2013 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Республика Казахстан.
5. СНиП РК 3.02-09-2010 Производственные здания.

ДИНАМИКА ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИЯХ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Статкевич М.А., Осяев В.А.

Университет гражданской защиты

Актуальность исследования опасных факторов пожара (ОФП) на начальной стадии пожара [1] в помещениях сложной геометрии обусловлена современными тенденциями в архитектуре и строительстве, которые все чаще предполагают использование нестандартных форм (отличных от прямоугольной формы). Такие архитектурные решения значительно усложняют прогнозирование наступления критических значений ОФП (повышенная температура, потеря видимости, понижение содержание кислорода и прочие) по утвержденной ГОСТ 12.1.004 [2] методике, которая не учитывает сложность геометрии в нестандартных пространствах. В этом контексте моделирование с помощью программных комплексов, таких как Fire Dynamics Simulator (FDS) [3] и Pyrosim [4], становится более предпочтительным для получения более точных данных о динамике ОФП.

На основании вышеизложенного проведены оценочные расчеты по определению времени наступления ОФП в помещении сложной геометрии на примере ангара. Для расчета принят ангар длиной 36 м, шириной 18,5 м и высотой 8,5 м. Моделирование проводилось для 5 пожарных нагрузок,

наиболее распространенных для данного типа сооружений. Это позволило получить данные по динамике ОФП (График №1 – время наступления ОФП по повышенной температуре) и сравнить их с результатами расчетов по методике [2].

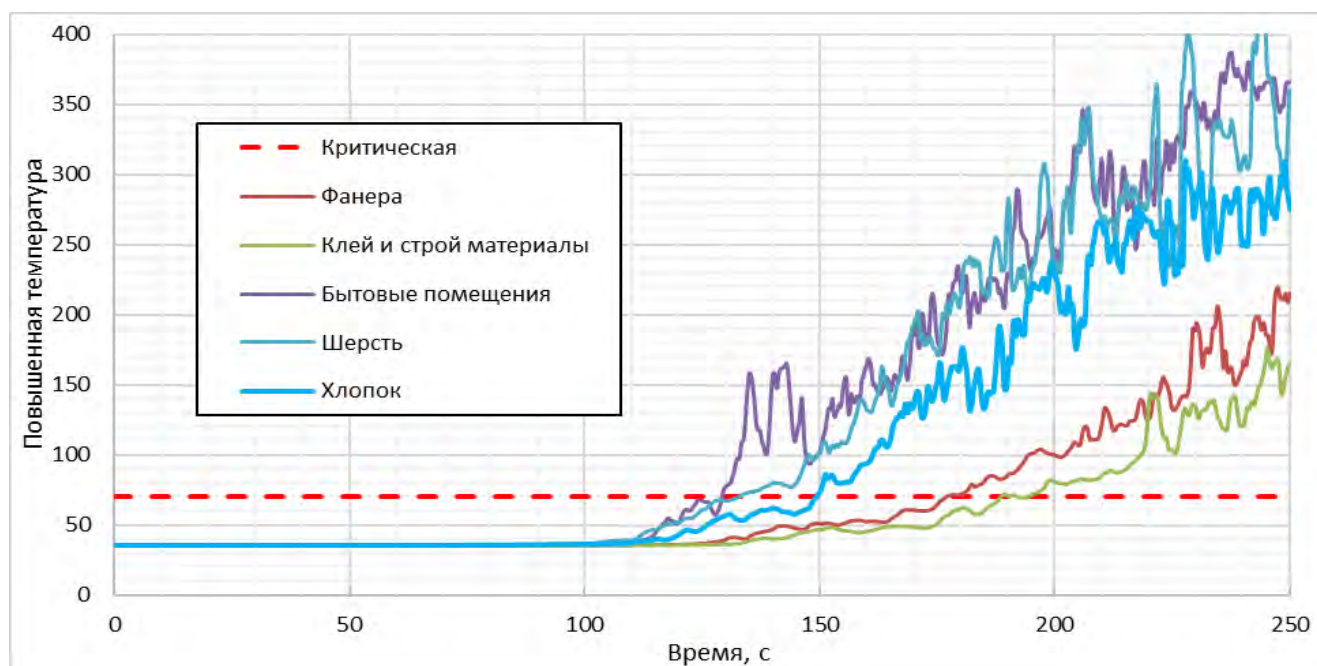


График №1

По результатам сопоставления установлено, что при принятии в расчетах по [2] высоты сооружения равной верхней точке свода, время наступления ОФП в среднем на 20% выше. Данное завышение напрямую влияет на корректную оценку безопасной эвакуации людей при пожаре из данного типа сооружений.

Для решения данной проблемы предлагается в качестве расчетной высоты ангара принимать приведенную высоту, определяемую как соотношения объема к площади его основания. Проведенные проверочные расчеты показали, что время наступления критических значений ОФП становится сопоставимым с результатами расчетов по [3]. (График №2 – пример времени наступления ОФП для ангара с нагрузкой древесины и фанера, сравнение расчетов по [2] для реальной и приведенной высоты с моделированием в [3, 4]).



График №2

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие / Ю.А. Кошмаров. – Москва: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.1992. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР: Министерство внутренних дел СССР, Министерство химической промышленности СССР, 1996. – 83 с.
3. Fire Dynamics Simulator. Technical Reference Guide. Vol. 3: Validation / NIST Special Publication 1018-3. Sixth Edition. 2015.
4. Работа в программном комплексе FireCat для расчета индивидуального пожарного риска. Библиотека реакций и поверхностей горения в PyroSim. Редакция 4 / И.Н. Карькин [Электронный ресурс]. – 2016.

ПОКАЗАТЕЛИ ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

Стрельцов О.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В., Шавырина Т.А.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

Проведено изучение показателей обстановки с пожарами на предприятиях различных отраслей экономики. Рассматривались следующие показатели, характеризующие пожарную опасность отрасли производства:

X_1 - количество пожаров в течение года в расчете на 100 предприятий, ед.;

X_2 - количество людей, погибших и травмированных при пожарах, в расчете на 1000 пожаров, чел.;

X_3 - средний ущерб от одного пожара, руб.

Для вычисления количества пожаров, количества пострадавших при пожарах и ущерба от пожаров по отраслям производства проведен анализ статистические данных по пожарам на производственных объектах с использованием информации из федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары» [1]. Количество предприятий для отраслей экономики определено по данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [2].

Количество пожаров на 100 предприятий варьируется от 0,14 пожаров на 100 предприятий для строительной отрасли до 9,38 пожаров на 100 предприятий для угольной промышленности. Среднее значение по всем отраслям экономики – 0,75 пожаров на 100 предприятий.

На рис. 1 представлено распределения отраслей экономики по количеству пострадавших (погибших и травмированных) при пожарах в расчете на 1000 пожаров. Больше всего пострадавших в результате пожаров в топливной промышленности – 452 человека на 1000 пожаров. Меньше всего людей гибнет и получает травмы при пожарах на предприятиях электроэнергетики – 12 человек на 1000 пожаров. Среднее значение показателя по всем отраслям экономики – 53 пострадавших на 1000 пожаров.

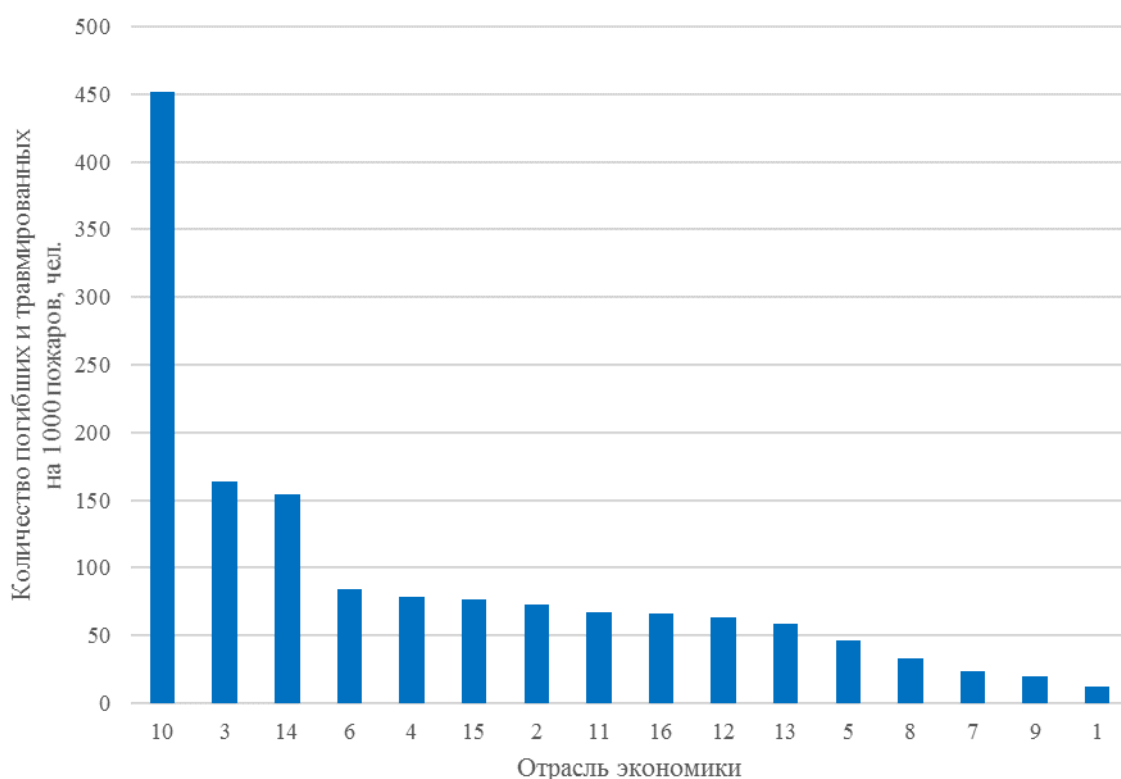


Рис. 1. Количество погибших и травмированных при пожарах в расчете на 1000 пожаров по отраслям экономики: 1 – электроэнергетика, 2 – черная металлургия, 3 – химическая и нефтехимическая промышленность, 4 –

машиностроения и металлообработка, 5 - лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, 6 - промышленность строительных материалов, 7 – легкая промышленность, 8 – пищевая промышленность, 9 – сельское хозяйство, 10 – топливная промышленность, 11 – цветная металлургия, 12 – транспорт, 13 – строительство, 14 – судостроения и судоремонт, 15 – угольная промышленность, 16 – иные отрасли.

Наибольший размер материального ущерба в расчете на 1 пожар зарегистрирован на предприятиях машиностроения и металлообработки – 16 млн рублей. Наименьший размер ущерба от одного пожара – на предприятиях судостроения и судоремонта – 60 тыс. рублей. В среднем по всей экономики средняя величина ущерба от одного пожара составляет 904 тыс. рублей.

В целях совершенствования методики расчета численности и технической оснащённости подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15.10.2021 № 700, проведен сбор информации по технико-экономическим параметрам организаций, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны [3]. На основе анализа полученных сведений с учетом показателей обстановки с пожарами на предприятиях по отраслям экономики для характеристики уровня пожарной опасности предприятия разработан безразмерный вычислительный комплекс

$$U_{\text{по}} = \left(1 + \left(\frac{2}{19} \sum_{i=1}^3 \frac{X_i}{X_{i,\text{ср}}} + \frac{1}{19} \sum_{i=1}^{13} \frac{Y_i}{Y_{i,\text{ср}}} \right)^{-1} \right)^{-1},$$

где $X_{i,\text{ср}}$ – средние значения показателей X_i по всем отраслям экономики;

Y_i - показатели, описывающие технико-экономические характеристики производственного объекта [3];

$Y_{i,\text{ср}}$ – средние значения показателей Y_i по всем предприятиям, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны.

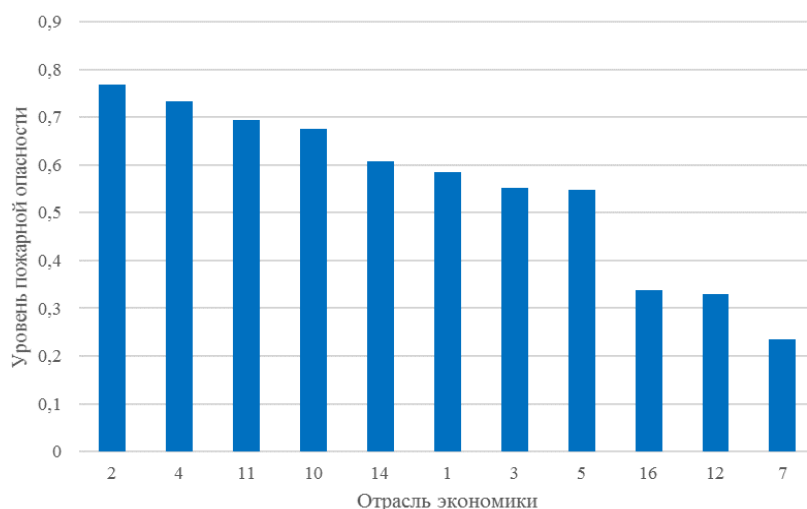


Рис. 2. Распределение отраслей экономики по уровню пожарной опасности. Названия отраслей экономики приведены в подписи к рис. 1.

Средние значения комплекса $U_{по}$ для отраслей экономики приведены на рис. 2. В категорию высокой пожарной опасности ($0,65 \leq U_{по} < 0,85$) попадает черная металлургия, машиностроение и металлообработка, цветная металлургия и топливная промышленность. В категорию средней пожарной опасности ($0,45 \leq U_{по} < 0,65$) входят следующие отрасли: судостроение и судоремонт, электроэнергетика, химическая и нефтехимическая промышленность, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Остальные отрасли относятся к категории низкой пожарной опасности ($0 \leq U_{по} < 0,45$).

Полученные результаты использованы при подготовке новой редакции методики расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15 октября 2021 г. № 700.

ЛИТЕРАТУРА

1. О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий: приказ МЧС России от 24 декабря 2018 г. № 625. URL: <https://base.garant.ru/72138544/> (дата обращения: 16.09.2025).
2. Российский статистический ежегодник. 2024: стат. сборник. М.: Росстат, 2024. 633 с.
3. Формирование информационной базы для расчета ресурсного обеспечения пожарной охраны по защите организаций от пожаров / П.А. Марахов, А.А. Порошин, О.В. Стрельцов и др. // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 3(52). С. 22-29.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ ОБРАЗЦОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Трояк Е.Ю., Пожаркова И.Н.

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Актуальность проведения комплексных исследований по оценке поведения материалов ограждающих конструкций подземных сооружений при термическом воздействии обусловлена интенсивным развитием подземной инфраструктуры и необходимостью обеспечения ее пожарной безопасности. Особую значимость приобретает разработка надежных методов неразрушающего контроля, позволяющих оценивать структурные изменения материалов после термического воздействия.

В данной связи ультразвуковая дефектоскопия представляет собой эффективный инструмент для диагностики степени деградации строительных материалов. Физической основой методики является установленная

зависимость между скоростью распространения ультразвуковых волн и структурно-механическими характеристиками материалов, что позволяет количественно оценивать степень их термической деградации.

Ультразвуковая дефектоскопия образцов строительных материалов подземных сооружений проводилась с использованием современного отечественного дефектоскопа «ПУЛЬСАР-2.2» (рис. 1) методом сквозного прозвучивания.



Рисунок 1 – Ультразвуковой прибор с визуализацией (дефектоскоп) ПУЛЬСАР-2.2

В рамках настоящего исследования сформирован репрезентативный комплекс образцов, включающий две взаимодополняющие группы материалов. Первую группу составляют лабораторные образцы на основе портландцементов марок М-400, М-450, М-500 и М-600, соответствующих классам прочности 32,5–52,5 Н. Для каждой марки цемента была разработана специальная программа изготовления образцов. Всего было создано 18 различных составов с постепенным усложнением рецептуры. Исследование началось с простейшей двухкомпонентной смеси «цемент-вода». Затем были приготовлены трехкомпонентные составы: «цемент-песок-вода» и «цемент-щебень-вода». Завершающим этапом стало изготовление четырехкомпонентной системы «цемент-песок-щебень-вода», которая представляет собой классический бетон.

Особенностью исследования является целенаправленное введение гидроизоляционной добавки «Фортрайс Диосил» на основе диоксида кремния именно в составы на основе цемента М-600, обладающего наибольшей прочностью среди исследуемых марок. Также модифицированы две серии образцов: четырехкомпонентная система «цемент М-600-вода-щебень-песок-добавка» и трехкомпонентная система «цемент М-600-вода-песок-добавка». Выбор данной марки цемента обусловлен необходимостью оценки синергетического эффекта от совместного действия высокопрочного вяжущего и модифицирующей добавки при термическом воздействии.

Введение добавки осуществлялось в количестве 1,5–2,0% от массы цемента, что позволило повысить удобоукладываемость смесей до П4–П5 и водонепроницаемость до W8–W10. Для модифицированных составов

реализована та же схема термических испытаний, что обеспечит сравнительный анализ влияния гидроизоляционной добавки на термическую стабильность цементного камня и сохранение прочностных характеристик после термического воздействия.

Общий объем экспериментальной выборки составил 198 образцов (18 составов × 11 образцов каждого). Для термических испытаний образцы распределены следующим образом: по 2 образца каждого состава направлены на испытание при температурах 100, 300, 600 и 800 °С, что обеспечивает статистическую достоверность результатов. Отдельная серия образцов выделена для определения водопоглощения с целью установления корреляции между пористой структурой материалов и их устойчивостью к термическому воздействию [1-4].

Экспериментальные исследования выполнялись в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 17624 [5] и включали комплекс измерений до и после термического воздействия в диапазоне температур 100–800 °С.

Метод сквозного прозвучивания основан на регистрации параметров ультразвукового импульса, прошедшего через контролируемый материал от излучающего к приемному преобразователю. Физической основой метода является зависимость скорости распространения ультразвуковых волн от упруго-прочностных характеристик материала, определяемая по формуле:

$$V = \frac{L}{t},$$

где L – база прозвучивания (длина образца),

t – время прохождения ультразвукового импульса.

При сквозном прозвучивании ультразвуковая волна распространяется в виде продольных волн, скорость которых определяется модулем упругости и плотностью материала. В процессе распространения волны испытывают затухание, обусловленное рассеянием энергии на неоднородностях структуры и внутренним трением, при этом коэффициент затухания служит дополнительным диагностическим параметром.

Для обеспечения высокой достоверности результатов для каждого образца бетона проводилось по 5 серий измерений, что обусловлено небольшими геометрическими размерами образцов (диаметр и высота 60 мм) и позволяет компенсировать возможные погрешности, связанные с ограниченной площадью установки датчиков сквозного прозвучивания. В каждой серии прибор автоматически выполнял 5 измерительных циклов с статистической обработкой данных и отбраковкой выбросов, рассчитывая средние значения времени распространения ультразвукового импульса, скорости распространения, коэффициента вариации W и коэффициента неоднородности H .

Преимуществами выбранной методики являются возможность сравнительного анализа состояния материалов до и после нагрева, высокая чувствительность к образованию микротрещин и структурных дефектов, а также объективность количественной оценки степени термического повреждения.

Согласно вычисленным по данным эксперимента средним значениям скорости распространения ультразвука и времени прохождения ультразвукового импульса при заданном температурном воздействии построены соответствующие графические зависимости $\Delta m = f(t)$ (рис. 3, 4).

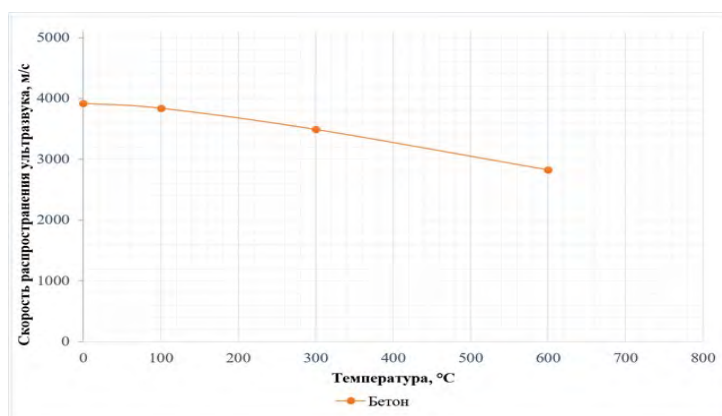


Рисунок 3 – Сравнительный график зависимости среднего изменения скорости распространения ультразвука для образцов бетона от температуры воздействия

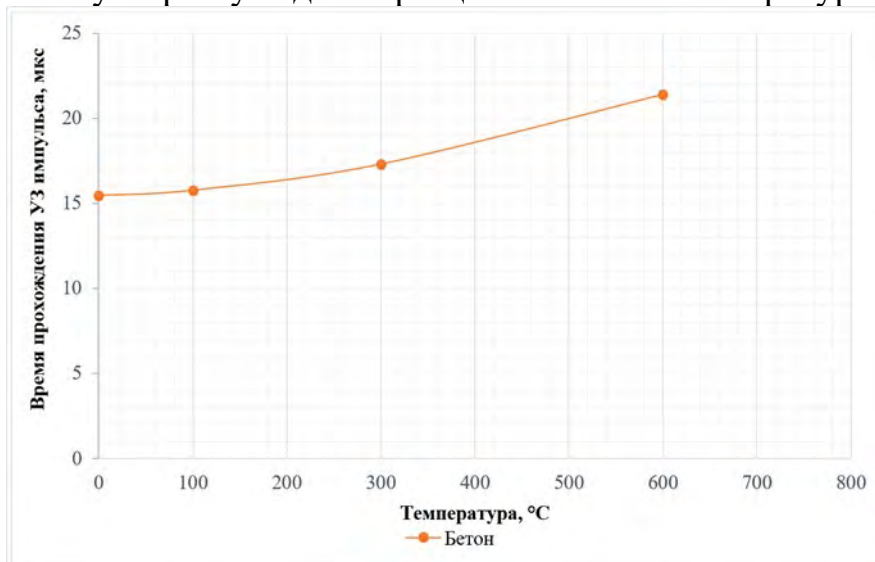


Рисунок 4 – Сравнительный график зависимости среднего изменения времени прохождения УЗ импульса для образцов бетона от температуры воздействия

На основании комплексного анализа данных ультразвуковой дефектоскопии образцов бетона, подвергнутых термическому воздействию в диапазоне от 100 до 800 °C, выявлены четкие закономерности в изменении их структурно-механического состояния. Исходные значения скорости ультразвука для бетона составлял 3400–4500 м/с, что характерно для гетерогенных композитов. После прогрева при 100 °C значительных изменений не зафиксировано. В некоторых случаях наблюдалось даже незначительное увеличение скорости, что может быть объяснено удалением свободной влаги и начальным уплотнением структуры.

При повышении температуры до 300 °C в образцах бетона начиналось заметное снижение скорости распространения ультразвука, сопровождаемое ростом коэффициентов вариации и неоднородности, что указывает на

начальную стадию деградации цементного камня, связанную с дегидратацией гидратных фаз.

Критическим температурным порогом для материала оказалась температура 600 °С. В бетоне на этой стадии деградация усиливалась: скорость ультразвука падала до значений 2300–2700 м/с, а значительное количество образцов оказалось разрушенным и не подлежащим измерению, что объясняется интенсивной дегидратацией портландита, разложением карбонатов и потерей адгезии между компонентами.

При нагреве материала до 800 °С большинство бетонных образцов после температурного воздействия были полностью разрушены, а проведение измерений оказалось невозможным, что подтверждает предел их термической стойкости.

Сравнительный анализ образцов разного состава выявил четкую зависимость их термической стабильности от наличия и типа заполнителей. Образцы, состоящие только из цементного теста, продемонстрировали наибольшую чувствительность к нагреву, что выражалось в значительном снижении скорости ультразвука уже при 300 °С. Это связано с интенсивной дегидратацией цементного камня и отсутствием жесткого минерального каркаса, который мог бы противостоять термическим напряжениям. Напротив, образцы, содержащие как мелкий, так и крупный заполнитель, показали значительно лучшую устойчивость. Заполнители, в особенности кварцевый песок и гравий, создают структурный каркас, который перераспределяет внутренние напряжения и замедляет процесс деградации при нагреве, что подтверждается более высокими остаточными значениями скорости ультразвука после прогрева при 300 и 600 °С.

Влияние марки цемента на термостойкость оказалось менее выраженным, чем влияние состава заполнителей. Хотя образцы на цементе М-600 демонстрировали несколько более высокие исходные скорости ультразвука, что объясняется их большей начальной плотностью и прочностью, их сопротивление деградации при высоких температурах не имело кардинальных отличий от образцов на цементах более низких марок. Это указывает на то, что процессы дегидратации и структурного разрушения при температурах выше 300 °С в основном определяются свойствами цементного камня как такового, а не исходной маркой прочности цемента. При этом образцы с химическими добавками не показали принципиального преимущества в термостойкости.

Таким образом, метод ультразвуковой дефектоскопии наглядно продемонстрировал свою высокую чувствительность к диагностике степени термического повреждения. Бетон, в силу сложности своей компонентной структуры, начинает необратимо деградировать уже при 300 °С, а к 800 °С полностью теряет структурную целостность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожаркова И.Н. Технология оценки прогрева горной породы при пожаре в подземной исследовательской лаборатории // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12, № 9. – С. 71–83.
2. Пожаркова И.Н. Математическое моделирование процессов теплообмена в ограждениях при пожаре в горной выработке // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2025. – Т. 21, № 3. – С. 15–24.
3. Трояк Е.Ю., Мельникова Е.С. Исследование микроструктуры керна скважин подземной исследовательской лаборатории участка «Енисейский» при термическом воздействии // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, 2023. – С. 41–45.
4. Термогравиметрический анализ образцов керна скважин подземной исследовательской лаборатории / Е.Ю. Трояк, И.Н. Пожаркова, Т.А. Литвинская, Д. А. Озерский // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 5(57). – С. 61–66.
5. ГОСТ 17624. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

О РАСЧЕТЕ КРИТИЧЕСКОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА В ЗДАНИИ ДОМА МИЛОСЕРДИЯ Г. ВОЛГОГРАДА

Фоменко М.А., Рудченко Г.И., Кривцов Н.Р.

Волгоградский государственный технический университет

В целях определения возможности безопасной эвакуации людей из здания дома милосердия г. Волгограда при возникновении пожара проведем расчет критической продолжительности пожара и времени эвакуации людей. В данной статье приведем данные расчета только критической продолжительности пожара. Для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара воспользуемся полевой моделью пожара программного комплекса «ФОГАРД» [1,2]. В данной модели используются дифференциальные уравнения, которые описывают пространственно-временное распределение скоростей и концентраций газовой среды, ее давлений, плотностей, а также температуры в помещениях и здании в целом. В процессе моделирования здание дома милосердия условно разделим на 101 участок, на каждом из которых будем осуществлять замер значений и концентраций опасных факторов пожара. Местом возникновения пожара будем считать помещение столовой на первом этаже здания. Полученные результаты отразим в сводной таблице № 1, так как табличная форма наилучшим образом подходит для проведения сравнительного анализа представленных результатов.

Таблица 1. Хронология достижения критических значений и концентраций опасными факторами пожара в здании дома милосердия.

№ п/п	Вид ОФП	Время достижения критических значений, с	Необходимое время эвакуации, с
1	Интенсивность теплового потока	194	155,2
2	Температура	216	172,8
3	Оптическая плотность дыма	115	92
4	Парциальная плотность CO ₂	291	232,8
5	Парциальная плотность O ₂	275	220
6	Парциальная плотность HCl	Не достигает критических концентраций	-
7	Парциальная плотность CO	Не достигает критических концентраций	-

Для облегчения восприятия сложных физико-химических процессов и обеспечения возможности наглядно оценить динамику изменения критических параметров начиная с момента возникновения пожара представим результаты моделирования в графическом виде (рисунки 1-6). Графическое представление данных не только облегчает восприятие, но и в дальнейшем позволит принять обоснованные решения при планировании противопожарной защиты и эвакуационных мероприятий

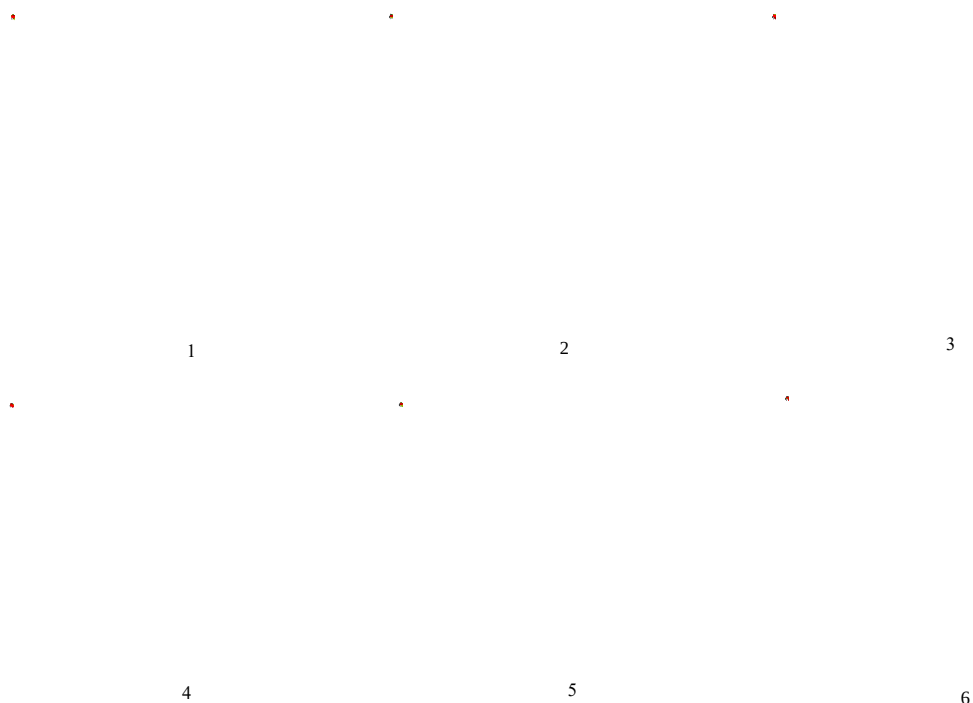


Рис. 1. Динамика изменения критических параметров

Следующим этапом является определение времени эвакуации людей из здания дома милосердия. Сравнение полученных результатов с результатами времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара

представляет собой научно обоснованный метод оценки вероятности безопасной эвакуации. Данный подход позволяет количественно оценить уровень безопасности людей в зданиях и сооружениях различного назначения, а также разработать адекватные проектные решения и компенсирующие мероприятия в случае отклонения от нормативных требований. Последовательное применение методики расчета времени эвакуации способствует повышению точности оценок пожарного риска и эффективности систем противопожарной защиты в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожарные программы online «Фогард» [Электронный ресурс]. - URL: fogard.ru/time-estimated / (дата обращения 01.02.2025).
2. Методика определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. Утверждена приказом МЧС России от 14 ноября 2022 года №1140 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: Электронная справочно-информационная система «Гарант».
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=383482&dst=100009#BgJRJwSkV63PkWE01>.

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ ДОМОВ МИЛОСЕРДИЯ

Фоменко М.А., Рудченко Г.И.

Волгоградский государственный технический университет

Первые исторические документы, в которых имеются сведения о домах милосердия на территории нашей страны относятся ко времени существования Киевской Руси. Начиная с 988 года (год крещения Руси) при князе Владимире Святославич основой социальной помощи стало христианство. Церковные приходы и монастыри стали организовывать для странников, больных и бедных — это были первые формы домов милосердия [1]. Более организованные формы дома милосердия стали принимать по мере развития государственной власти, что соответствует периоду XVI-XVII веков. В это время в Москве и других крупных городах дома милосердия стали предоставлять постояльцам медицинскую помощь и временное жильё [2,3].

Коренные изменения система социальных учреждений Российской Империи претерпела после революции 1917 года. Упразднялось всё, что считалось пережитком буржуазного общества, под эту кампанию попали и дома милосердия, существовавшие за счет частных пожертвований, на территории монастырей и церковных приходов. Все функции социальной поддержки и

помощи сиротам, инвалидам, пожилым людям и нуждающимся взяло на себя государство.

Распад Союза Советских Социалистических Республик привел к тому, что социальные учреждения стали финансироваться государством по остаточному принципу, на грани физического выживания постояльцев, а выделение денег на строительство новых учреждений было прекращено. Выстраиваемая на протяжении многих десятилетий и когда-то гарантировавшая людям социальное обеспечение государственная система не справлялась с нагрузкой в условиях экономического кризиса. В этой нестабильной обстановке для помощи населению стали формироваться первые благотворительные организации, включая дома милосердия для инвалидов, пожилых и бездомных граждан. Под их нужды в подавляющем большинстве отдавались пустующие здания находящихся на балансе местных администраций (бывших школ, больниц, различных ведомств освободившиеся после оптимизации структур) и приспособлялись под нужды постояльцев руководством учреждений.

Анализ применяемых проектных и строительных решений позволил сделать вывод о том, что основная проблема обеспечения пожарной безопасности заключается в устаревании основного фонда. Значительная часть учреждений расположена в зданиях III-V степеней огнестойкости, нередко изначально имевших иное функциональное назначение. Хроническое недофинансирование на протяжении многих десятилетий не позволяло проводить качественный ремонт и реконструкцию. Попытки соответствовать современным стандартам социального обслуживания и размещения постояльцев вынуждают устанавливать в морально и физически устаревшие здания современное, энергоемкое оборудование, что только повышает уровень их пожарной опасности. Не менее значимой проблемой, прямо влияющей на безопасность постояльцев, является снижение количества обслуживающего персонала в результате непрерывно, на протяжении последних 30 лет проводимой оптимизации. Низкий уровень заработной платы привел к тому, что средний возраст обслуживающего персонала близок к пенсионному или перешагнул этот рубеж. В связи с этим возникает обоснованное сомнение в их возможности провести одновременную эвакуацию и спасение постояльцев при пожаре. Помимо этого, существует не менее значимая проблема - нелегальные социальные учреждения, в т.ч. дома милосердия, которые функционируют под разными вывесками или как частные дома. К появлению этой проблемы привела нехватка мест в стационарных организациях социального обслуживания [4]. Нелегальные учреждения являются наиболее опасными с точки зрения пожарной безопасности, в большинстве своем располагаются в зданиях V степени огнестойкости, на значительном удалении от подразделений пожарной охраны. В связи с тем, что такие учреждения отсутствуют в реестре социальных объектов, на них не предусмотрен повышенный ранг реагирования и подразделения пожарной охраны, прибывшие на тушение частного дома, узнают о его функциональном назначении здания уже постфактум.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фроянов И.Я. Киевская Русь. Очерки социально-экономической истории. — Л.: 1974. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.elibrary.ru/query_results.asp.
2. Щапов Я. Н. Княжеские уставы и церковь в Древней Руси. — М.: 1972. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.elibrary.ru/query_results.asp.
3. Чижкин Д.В. Государственно-правовое регулирование благотворительной деятельности и призрения неимущего населения России с древнейших времен до XIX века. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. Нижний Новгород, 2007. [Электронный ресурс]. - URL: https://www.elibrary.ru/query_results.asp.
4. Официальный сайт социального фонда России [Электронный ресурс]. - URL: <https://sfr.gov.ru>.

Секция 2

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ОТ ОПАСНЫХ ВЕТРОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ И ИНФРАСТРУКТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ МОГИЛЁВСКОЙ ОБЛАСТИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

Авдеенко В.Е., Мартыненко Т.М.

Университет гражданской защиты

Глобальные климатические изменения, проявляющиеся в увеличении частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, представляют собой серьёзный вызов для систем безопасности и устойчивого развития регионов. Территория Республики Беларусь, находясь в зоне влияния атлантических циклонов, подвержена воздействию опасных метеорологических явлений, среди которых штормовые и ураганные ветры занимают одно из ведущих мест по масштабам возможных социально-экономических последствий. Могилёвская область, как и другие регионы страны, демонстрирует тенденцию к росту экстремальных ветровых характеристик, что актуализирует задачу совершенствования методов их прогнозирования и разработки эффективных мер по минимизации ущерба.

Статистические данные свидетельствуют, что максимальные скорости ветра на территории Беларуси в XX веке достигали 40 м/с. Для Могилёвской области исторический максимум в прошлом столетии составлял 32 м/с (метеостанция Горки, 1998 г.). Анализ современного периода (с 2015 г.) выявил существенный рост экстремальных значений: в 2025 году на той же метеостанции Горки зафиксирована скорость ветра 56 м/с. Этот факт коррелирует с общемировой тенденцией увеличения интенсивности опасных метеорологических явлений на фоне климатических изменений.

Опасным метеорологическим явлением, приводящим к чрезвычайным ситуациям, в Беларуси считается ветер скоростью 25 м/с и более. Анализ последствий таких событий в Могилёвской области выявляет типичную картину уязвимости. Энергетический комплекс, массовые повреждения линий электропередачи (ЛЭП), приводящие к масштабным отключениям. Жилищно-коммунальное хозяйство, разрушение кровель, фасадных элементов, падение деревьев. Транспортная инфраструктура, блокирование дорог, повреждение светофорных объектов и дорожных знаков. Основным риском является

каскадный эффект, когда первичное повреждение энергосистемы парализует работу систем жизнеобеспечения, связи и управления, многократно усложняя ликвидацию последствий.

Наблюдаемые климатические изменения проявляются в росте экстремальных характеристик ветра на территории Могилёвской области, что подтверждается регистрацией новых исторических максимумов (56 м/с). Эффективное противодействие ветровым рискам возможно только на основе комплексного подхода, объединяющего ужесточение нормативных требований к прочности сооружений, активное внедрение инженерных методов защиты, совершенствование системы мониторинга и прогноза, а также отлаженное межведомственное взаимодействие при подготовке и ликвидации последствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 304-2011 (02300) «Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Общие положения. Порядок функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций».
2. ТКП 17.10-44-2020 (33140) «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Порядок проведения измерений параметров ветра и оценки ветроэнергетического потенциала при размещении ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь».
3. Справочник по климату Беларуси. Ч. 4. Ветер. Атмосферное давление / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Государственное учреждение "Республиканский гидрометеорологический центр", Государственный кадастр по климату; ред. М.А. Гольберг; сост. М.А. Гольберг [и др.]. - Минск: [б. и.], 2007.
4. Автореферат «Нормирование ветровой нагрузки на здания и сооружения для климатических условий Республики Беларусь» диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – «Строительные конструкции, здания и сооружения» / В.В. Тур, А.В. Черноиван. Научный журнал «Географія» (№183, 2023 г.).
5. Научно-практический и методический журнал «Гражданская защита» (№597, 2025 г.).

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ, ЭФФЕКТИВНОСТИ, ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ОБЫЧНОГО СТАЦИОНАРНОГО И ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

Алтунин В.А., Садыков М.З.

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, РФ

Данная работа посвящена проблемам безопасности, эффективности, экономичности и экологичности теплогенераторов обычного и пульсирующего горения.

В настоящее время для отопления и вентиляции производственных помещений различного назначения, создания воздушных занавес, сушки материалов, для отопления и вентиляции сельскохозяйственных, животноводческих, птицеводческих помещений и теплиц широко используются теплогенераторы стационарного горения ТГГ-250 с тепловой мощностью 250 кВт. Теплогенератор ТГГ-250 (ТГГ-250-01, ТГГ-250-02) представляет собой агрегат для конвективного нагрева отопительного воздуха продуктами сгорания природного газа и подачи нагретого воздуха на технологические нужды.

В состав теплогенератора ТГГ входят нагреватель, газовая горелка, оборудование регулировки и контроля подачи газа, дымоход (дымовая труба), вентилятор горелки, подающий вентилятор, предохранительный клапан, система контроля процесса горения на базе фотодатчика.

К особенностям данного теплогенератора можно отнести значительные габариты, сложность конструкции, в которую входит большое количество дорогостоящего оборудования. Это приводит к большим затратам на комплектующие, изготовление и монтаж. ТГГ-250 рассчитан на тепловую мощность не менее 250 кВт, при этом расход природного газа составляет 28 – 32 м³/ч. Электрическая мощность теплогенератора ТГГ-250 составляет 7 кВт. Высокие затраты электрической мощности обусловлены использованием габаритных и мощных вентиляторов для подачи воздуха в горелку и теплоносителя в обогреваемое помещение или в технологический процесс. Однако известно, что эксплуатация теплогенераторов данного типа иногда приводит к пожару и взрыву, в том числе, и с ранением и гибелью обслуживающего персонала и случайных людей.

Доступной альтернативой традиционным теплогенераторам стационарного горения могут служить инжекционные теплогенераторы пульсирующего горения (ТГПГ) [1], которые являются более надёжными и безопасными.

ТГПГ включает аппарат пульсирующего горения, установленный внутри инжектирующего кожуха. Высокоскоростное истечение продуктов сгорания из резонансной трубы аппарата, пульсирующего обеспечивает инжекционный эффект в профилированном кожухе и подсос окружающего воздуха. В

результате смешения продуктов сгорания с воздухом в горловине эжектора образуется теплоноситель с заданными расходными и температурными параметрами. Такие теплогенераторы имеют несомненные преимущества перед агрегатами стационарного сжигания. Во-первых, это меньшие габариты и простота конструкции, а во-вторых, низкая эмиссия угарного газа и окислов азота. Содержание CO и NO_x в газообразном теплоносителе на выходе из теплогенератора ниже значений предельно допускаемой концентрации в воздухе рабочей зоны [2, 3], и теплоноситель можно непосредственно использовать для нужд отопления и других технологических процессов.

Интенсификация процессов сжигания органического топлива в аппарате пульсирующего горения за счет акустического резонанса способствует снижению расхода топлива, а, следовательно, приводит к меньшим затратам при эксплуатации. А из-за того, что аппарат пульсирующего горения полностью снабжает себя воздухом, необходимым для горения, и принудительная подача воздуха необходима только на этапе запуска (2 – 5 с) от маломощного вентилятора, получается существенная экономия электроэнергии. Кроме этого, ТГПГ обладает высоким тепловым коэффициентом полезного действия, достигающим 95%, т.к. практически вся теплотворная способность топлива преобразуется в тепло целевого теплоносителя, в то время как в теплогенераторах стационарного горения значительная его часть уходит с продуктами сгорания через дымовую трубу [4-7].

Обобщенные сравнительные характеристики теплогенераторов стационарного и пульсирующего горения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика аналогичных по тепловой мощности теплогенераторов

Параметр сравнения	Традиционные теплогенераторы типа ТГГ		Эжекционный теплогенератор пульсирующего горения ТГПГ
	Теплогенератор с рекуперативным обогревом	Теплогенератор прямого нагрева	
Наличие горелочного узла (до 30% стоимости)	да		нет (объемное горение)
Методы обеспечения качественного сжигания	тонкая регулировка горелочного узла, система автоматики, каталитическое дожигание и др.		не требуются (полное сжигание обеспечивается спецификой горения)

Наличие вентилятора для выдачи теплоносителя потребителю и обеспечения заданной температуры	да		нет (используется эффект эжекции)
Наличие вентилятора для образования топливной смеси	да		только при запуске
Необходимость автоматического контроля предельных концентраций вредных примесей в теплоносителе	да		нет
Наличие дымовой трубы	да	нет	нет
Уровень звука	в зависимости от тепловой мощности, аэродинамической обстановки в горелочном узле и шума вентиляторов		высокий

Как видно, ТГПГ имеет единственный недостаток, по сравнению с агрегатами стационарного горения, – это высокий уровень звука, генерируемый при работе. Эта проблема в производственных условиях предприятий может быть решена установкой теплогенератора пульсирующего горения вне цеха или помещения (наружная установка под навесом), так, чтобы только генерируемый теплоноситель поступал в вентиляционный проем.

Технико-экономическое сравнение теплогенератора пульсирующего горения и аналогичного с ним по тепловой мощности теплогенератора со стационарным режимом сжигания топлива показывает, что себестоимость снижается на 55%, а эксплуатационные затраты – по электроэнергии на 99%, по топливу (природный газ) на 5%.

Также – обеспечивается безопасность персонала при эксплуатации таких пульсирующих теплогенераторов [1-7].

Авторами доклада приводятся результаты их десятилетней безаварийной и надёжной эксплуатации модернизированных и запатентованных ТГПГ повышенных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колоненко, А.Р. Экономическая целесообразность внедрения техники пульсирующего горения на примере теплогенерирующего оборудования / А.Р. Колоненко, А.А. Баранов // Современные научные исследования и инновации. 2020. № 11 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2020/11/93745>

2. Ткачев, А.Г. Внедрение техники пульсирующего горения в системах отопления и вентиляции / А.Г. Ткачев, А.А. Баранов, А.А. Пасько // Международная научная конференция: Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные производства. Сборник трудов. Т 2. Тезисы докладов. Иваново. 2004, С. 85.
3. Баранов, А.А. Теплотехническое сопровождение технологических процессов с использованием пульсирующего горения / А.А. Баранов, В.И. Быченко, А.А. Коптев // Теплофизические измерения в начале XXI века: Тезисы докладов Четвертой Международной Теплофизической школы (24-28 сентября 2001 г.). – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2001. Ч1. С. 77 –78.
4. Баранов, А.А. Математическая модель автоколебаний в аппаратах пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном / А.А. Баранов, Д.А. Полубояринов, В.Н. Ворожейкин // Современные научные исследования и инновации. 2024. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2024/05/101977>
5. Королев, С.В. Динамика внутрикамерных процессов в аппаратах пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном. / С.В. Королев, А.А. Баранов А.А. // Труды ТГТУ. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006, – Вып. 19. – С. 3 – 6.
6. Баранов, А.А. Математическая модель автоколебаний в аппаратах пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном / А.А. Баранов, Д.А. Полубояринов, В.Н. Ворожейкин // Современные научные исследования и инновации. 2024. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2024/05/101977>
7. Кононенко, А.Р. Экспериментальное определение коэффициента полезного действия аппаратов пульсирующего горения по высшей теплоте сгорания топлива / А.Р. Кононенко, А.А. Баранов // Современные научные исследования и инновации. 2021. № 5 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2021/05/95452>

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ ИМПУЛЬСНОГО ГОРЕНИЯ

Алтунин В.А., Садыков М.З.

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, РФ

Теплогенераторы импульсного (или пульсирующего) горения являются наиболее эффективными, экономичными и безопасными, по сравнению с обычными теплогенераторами [1-3].

Однако они тоже могут вызывать пожар и взрыв с ранением и гибелью обслуживающего персонала, с уничтожением дорогостоящего оборудования и приборов, с разрушением зданий, корпусов и отсеков.

Выполнение существующих Правил эксплуатации теплогенераторов пульсирующего горения (ТПГ) и ГОСТов – не всегда являются спасительными средствами по защите от взрывов и пожаров ТПГ.

Поэтому в настоящее время ведётся большая научно-исследовательская работа по совершенствованию этих теплогенерирующих систем с пульсирующим горением [1-6].

Особое внимание уделяется исследованию и разработке новых конструктивных схем клапанно-смесительных устройств [4-6, 9, 12, 14, 15], а также – огнепреградительным устройствам [14].

В докладе подробно раскрывается история развития пульсирующего горения и его применения в пульсирующих воздушно-реактивных двигателях беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

На основе проведённых экспериментальных исследований авторами разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы ТПГ и других техносистем, которые подробно освещаются в ходе доклада [7-17].

Реальная и многолетняя эксплуатация новых ТПГ показывает их взрыво – и пожаро - безопасность, высокую эффективность, экономичность и экологичность.

Также авторами был достигнут технический результат - увеличение теплосъёма, снижение шума установки до 65 дБ (за счет увеличения резонансных частот колебаний давления), уменьшение общих габаритов и веса.

Разработаны конструктивные схемы ТПГ стационарного и мобильного типов. Мобильные ТПГ могут размещаться непосредственно в кузове грузового автомобиля, например, марки «КамАЗ» или в прицепе к любым транспортным средствам, что очень актуально в настоящее время, когда возникает большая необходимость в экстренном обогреве и просушке личного состава и техники в сложных климатических (включая арктические) и боевых (включая СВО) условиях.

Применение материалов доклада и новых разработок будет способствовать повышению боеготовности, боеспособности, живучести и выживаемости военной техники и вооружения, средств защиты и спасения по линии МЧС РФ, а также личного состава, специалистов и гражданского персонала при чрезвычайных ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быченко, В.И. Теплоэнергетика рабочего процесса в аппаратах пульсирующего горения / В.И. Быченко // Дисс. докт. технич. наук по специальности: 05.14.04 - Промышленная теплоэнергетика. Воронеж, 2005 г.
2. Ткачев, А.Г. Внедрение техники пульсирующего горения в системах отопления и вентиляции / А.Г. Ткачев, А.А. Баранов, А.А. Пасько // Международная научная конференция: Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные производства. Сборник трудов. Т 2. Тезисы докладов. Иваново. 2004, С. 85.

3. Колоненко, А.Р. Экономическая целесообразность внедрения техники пульсирующего горения на примере теплогенерирующего оборудования / А.Р. Колоненко, А.А. Баранов // Современные научные исследования и инновации. 2020. № 11 [Электронный ресурс].
URL: <https://web.snauka.ru/issues/2020/11/93745>
4. Королев С.В., Баранов А.А. Динамика внутрикамерных процессов в аппаратах пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном. // Труды ТГТУ. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006, – Вып. 19. – С. 3 – 6.
5. Баранов, А.А. Математическая модель автоколебаний в аппаратах пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном / А.А. Баранов, Д.А. Полубояринов, В.Н. Ворожейкин // Современные научные исследования и инновации. 2024. № 5 [Электронный ресурс].
URL: <https://web.snauka.ru/issues/2024/05/101977>
6. Королев, С.В. Динамика внутрикамерных процессов в аппаратах пульсирующего горения с аэродинамическим клапаном. / С.В. Королев, А.А. Баранов А.А. // Труды ТГТУ. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006, – Вып. 19. – С. 3 – 6.
7. Глебов, Г.А. Камерная вихревая топка / Г.А. Глебов, М.З. Садыков // Пат. на изобретение №2349837. Бюл. №8 от 20.03.2009.
8. Двоеглазов, В.В. Рекуперативный воздухонагреватель / В.В. Двоеглазов, Г.А. Глебов, М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2366864. Бюл. №25 от 10.09.2009.
9. Глебов, Г.А. Клапанно-смесительное устройство котла пульсирующего горения / Г.А. Глебов, М.З. Садыков, М.Ю. Коротков // Пат. на изобретение РФ №2560854. Бюл. №23 от 20.08.2015.
10. Хабибуллин, И.М. Устройство подогрева технологического газа в газораспределительной станции / И.М. Хабибуллин, М.Г. Хабибуллин, Г.А. Глебов, М.Ю. Коротков, М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2655426. Бюл. №16 от 28.05.2018.
11. Хабибуллин, И.М. Теплогенератор пульсирующего горения / И.М. Хабибуллин, М.Г. Хабибуллин, Г.А. Глебов, М.Ю. Коротков, М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2702059. Бюл. №28 от 03.10.2019.
12. Хабибуллин, И.М. Клапанно-смесительное устройство теплогенератора пульсирующего горения / И.М. Хабибуллин, Г.А. Глебов, М.Ю. Коротков, М.З. Садыков, М.Г. Хабибуллин // Пат. на изобретение РФ №2707784. Бюл. №34 от 29.11.2019.
13. Хабибуллин, М.Г. Блок подогрева технологического газа / М.Г. Хабибуллин, Г.А. Глебов, М.Ю. Коротков, М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2734669. Бюл. №30 от 21.10.2020.
14. Хабибуллин, И.М. Способ проверки взрывонепроницаемости оболочки клапанно-смесительного устройства, снабжённого огнепреградителем, теплогенератора пульсирующего горения / И.М. Хабибуллин, М.Г. Хабибуллин, Г.А. Глебов, М.Ю. Коротков, М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2746293. Бюл. №11 от 12.04.2021.

15. Хабибуллин, И.М. Клапанно-смесительное устройство теплогенератора пульсирующего горения / И.М. Хабибуллин, Г.А. Глебов, М.Ю. Коротков, М.З. Садыков, М.Г. Хабибуллин // Пат. на изобретение РФ №2746376. Бюл. №11 от 12.04.2021.
15. Хабибуллин, И.М. Теплогенератор пульсирующего горения / И.М. Хабибуллин, М.Г. Хабибуллин, Г.А. Глебов, М.Ю. Коротков, М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2760606. Бюл. №34 от 29.11.2021.
16. Садыков, М.З. Газовый проточный нагревательный котёл / М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2789938. Бюл. №5 от 14.02.2023.
17. Садыков, М.З. Жидкостный проточный подогреватель природного газа / М.З. Садыков // Пат. на изобретение РФ №2846922. Бюл. №26 от 19.09.2025.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ И ВЗРЫВЕ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И НАЗЕМНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

*Алтунин В.А., Щиголев А.А., Львов М.В., Юсупов А.А., Кореев Е.П.,
Селянин К.А.*

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, РФ

Известно [1, 2], что в системах смазки воздушно-реактивных двигателей, газотурбинных двигателей летательных аппаратов (ВРД, ГТД ЛА), в наземных газотурбинных установках, энергоустановках и техносистемах (ГТУ, ЭУ, ТС) моторные авиационные масла находятся в сложных термодинамических условиях и выполняют следующие функции: снижение трения путём смазки поверхностей трущихся деталей; охлаждение теплонапряженных узлов; очистка масляных каналов от загрязнения различными металлическими и неметаллическими частицами.

В ходе эксплуатации моторных авиационных масел в них происходят следующие процессы: старение масла; вспениваемость масла; окисление масла и др. Кроме того, из-за нагрева масел в них происходят негативные процессы: ухудшение охлаждающих возможностей, ухудшение смазывающих способностей, процесс осадкообразования [1-10]. Поэтому тема доклада является весьма актуальной и необходимой.

Смазочные масла для ВРД, ГТД ЛА, для наземных ГТУ, ЭУ и ТС должны отвечать следующим требованиям [1-3]:

- надежное смазывание в пределах рабочих температур от -50 до +200 °С;
- пологая вязкостно-температурная кривая и хорошая прокачиваемость при низких температурах;
- однородный и стабильный фракционный состав;
- высокие антиокислительные свойства и минимальное окисление в двигателе при рабочих температурах (150 - 200) °С и выше;

- минимальная вспениваемость;
- высокая температура самовоспламенения;
- не агрессивность по отношению к другим материалам.

Из эксплуатации ВРД, ГТД ЛА известно [1-10], что:

- температура подшипников и стенок масляных полостей в них превышает 300 °С. Например, в двигателе Д-36 на взлетном режиме температура внутри контактно-кольцевого уплотнителя шарикоподшипника компрессора достигает 325 °С, температура стакана роликоподшипников турбины после останова двигателя достигает 340 °С, температура в полости подшипников роторов вентилятора и компрессора низкого давления (КНД) составляет 187 °С; моторное масло должно обеспечивать надежный отвод теплоты для предотвращения превышения допустимых температур;

- температура масла на входе в систему смазки ВРД, ГТД ЛА колеблется от 20 до 50 °С, а на выходе - зависит от их теплонапряженности; в двигателях самолетов, летающих с дозвуковыми скоростями, она находится около 125 °С, а в сверхзвуковых самолетах она достигает 200 °С и более; температура масла на выходе из современных теплонапряжённых ВРД, ГТД гражданской авиации достигает 165 °С, а военной авиации – (200 - 225) °С;

- в процессе эксплуатации на металлических нагретых поверхностях, контактирующих с моторным авиационным маслом, образуется углеродистый осадок, снижающий интенсивность теплопередачи и приводящий к еще большему нагреву деталей двигателя; в ходе эксплуатации двигателей масляные форсунки могут нагреваться до температур более 200 °С (473 К), а при таких температурах антиосадкообразующие присадки уже не работают, поэтому на внутренних стенках масляных форсунок образуется и растёт слой твёрдого углеродистого осадка, где, в первую очередь, он образуется в выходных каналах;

- твёрдые углеродистые частицы осадка, которые образуются и находятся ещё и в объёме самого масла, быстро забивают сеточные фильтры, каналы, ухудшают стабильную работу всего двигателя;

- частичное закоксовывание масляной форсунки приводит к недостаточной и нерасчётной смазке и охлаждению подшипников и трущихся деталей, к пригоранию шариков и роликов подшипника, к быстрому и несанкционированному выходу из строя всего двигателя с дальнейшими негативными последствиями;

- из-за осадкообразования через 800 часов (циклов) работы ВРД, ГТД ЛА масляные форсунки смазки и охлаждения осевых подшипников полностью закоксовываются, что приводит к аварийным ситуациям, к пожарам и взрывам с гибелью людей;

- полное закоксовывание масляной форсунки приводит к очень ускоренной поломке ВРД, ГТД ЛА – из-за масляного голодания и резкого увеличения температуры трущихся деталей.

Необходимо также отметить, что [1-10]:

- процесс осадкообразования и рост твёрдых углеродистых отложений, в первую очередь, происходит в выходных каналах масляных форсунок;
- процесс осадкообразования в масляных форсунках двигателей ЛА происходит даже без фазы полёта ЛА, например, при включении и выключении двигателя в ходе профилактического осмотра и контроля;
- аварийную ситуацию для ЛА или наземной ТС может создать даже только одна масляная форсунка, во внутреннем канале которой произошло частичное или полное закоксовывание.

В ВРД, ГТД ЛА применяются два типа масляных форсунок: центробежные и струйные [1-10]. В центробежной масляной форсунке масло под давлением нагнетающего насоса проходит через сетку и по винтовой канавке стержня распылителя, где его струя закручивается, попадает в калибровочное отверстие корпуса форсунки и распиливается на подшипник. Недостатки форсунок этого типа: сложная конструкция, высокая стоимость и технологичность при изготовлении, насыщение распылённого масла воздухом, вследствие чего ухудшается отвод тепла от подшипника.

Гораздо легче, безопаснее и экономически выгоднее вести борьбу с осадкообразованием уже на ранней стадии проектирования, расчёта и создания двигателей, чем организовывать их очистку в ходе эксплуатации, без разборки или с их разборкой и ремонтом или заменой в заводских условиях.

Одним из существующих способов борьбы с осадкообразованием, а точнее – с его предотвращением, в моторных авиационных маслах также является способ внедрения различных присадок на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ). Однако эти присадки предотвращают осадкообразование только до температуры 200 °С, а при дальнейшем повышении нагрева металлической стенки, например, стенки масляной форсунки, твёрдый осадок появляется, растёт и выводит форсунку и весь двигатель из строя. Твёрдый углеродистый осадок появляется практически на всех внутренних стенках масляной форсунки, которые контактируют с моторным авиационным маслом, но, в первую очередь, он появляется и быстро растёт на внутренних стенках её выходного канала.

Поэтому необходимо организовывать борьбу с этим очень опасным и негативным процессом уже в ходе проектирования, расчёта и создания масляных форсунок и самих двигателей на жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях.

Все способы борьбы с осадкообразованием в системах смазки двигателей ЛА и ГТУ, ЭУ наземных ТС классифицированы на два больших класса: на существующие и перспективные, т.е. новые, где каждый класс содержит следующие виды борьбы: предотвращающие осадок; уменьшающие осадок; ограничивающие осадок; удаляющие осадок. Каждый из этих видов борьбы содержит множество различных способов и методов борьбы, которые могут осуществляться в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

При проектировании, расчёте и создании масляных форсунок необходимо применять хотя бы какой-то один из существующих или перспективных

способов или методов борьбы с осадкообразованием, но для более эффективного увеличения ресурса, безопасной и безаварийной работы этих форсунок желательно использовать сразу два и более способов или методов.

В эту общую классификацию борьбы с осадкообразованием также входит и классификация датчиков и систем контроля за осадкообразованием в системах смазки и в масляных форсунках ВРД, ГТД ЛА, ГТУ, ЭУ наземных ТС, которая состоит также из двух классов: существующих и перспективных, где каждый класс содержит следующие виды контроля:

а) индивидуальные, т.е. не совмещённые со средствами и способами борьбы с осадкообразованием;

б) совмещённые, когда датчики или системы контроля являются одновременно ещё и средствами или способами борьбы с осадкообразованием;

в) контроль в период молчания двигателя, т.е. перед запуском или после останова двигателя; данный вид контроля возможен как в земных, так и в космических условиях, например, в ходе орбитального космического полёта или в ходе аэрокосмического полёта;

г) контроль в ходе работы двигателя; данный вид контроля возможен как в земных, так и в космических условиях;

д) контроль с разборкой и ремонтом двигателя;

е) контроль без разборки и ремонта двигателя;

ж) контроль в земных условиях;

з) контроль в условиях космоса;

и) контроль в постоянном режиме, т.е. постоянный контроль, который бесперебойно осуществляется и при работе, и при молчании двигателей;

к) контроль в периодическом режиме, т.е. периодический контроль, который осуществляется через определённое время, т.е. по техническому расписанию, или по мере необходимости, а также - при работе двигателей или при их молчании;

л) осуществление контроля за осадкообразованием: в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

Учёным, конструкторам и разработчикам новой авиационно - космической и наземной техники необходимо знать зоны возможной дальнейшей эксплуатации масляных форсунок ВРД, ГТД ЛА, наземных ГТУ, ЭУ и ТС при различных степенях закоксованности их внутренних каналов, особенно выходных, которые были разработаны и определены авторами данного доклада:

а) безопасная зона – при степени закоксованности выходного канала форсунки (0 – 25) %, т.е. зона возможной безопасной и безаварийной работы масляной форсунки, а также самих двигателей ЛА и наземных ГТУ, ЭУ и ТС;

б) опасная зона - при степени закоксованности выходного канала форсунки (25 – 75) %, т.е. зона, в которой нежелательно продолжать работу масляной форсунки, а также самих двигателей ЛА и наземных ГТУ, ЭУ и ТС, и возможно продолжать работу - лишь только в экстренных ситуациях, в этой

зоне необходимо срочно задействовать способы контроля и удаления твёрдого углеродистого осадка из масляной форсунки;

в) запрещённая зона - при степени закоксованности выходного канала форсунки (75 – 100) %, т.е. зона, в которой запрещается дальнейшая эксплуатация масляной форсунки, а также самих двигателей ЛА и наземных ГТУ, ЭУ и ТС; запуск двигателей ЛА и наземных ГТУ, ЭУ и ТС в данном случае разрешается осуществлять только после удаления твёрдых углеродистых осадков из масляных форсунок.

Существующие масляные форсунки систем смазки ВРД, ГТД авиационных и аэрокосмических ЛА одно – и многократного использования практически не имеют систем защиты от осадкообразования, также в них отсутствуют системы контроля за возникновением и ростом слоя твёрдых углеродистых отложений.

На основе проведённых экспериментальных исследований авторами доклада разработаны масляные форсунки, в которых в ходе воздушного, космического и аэрокосмического полёта, т.е. без остановки и разборки двигателя в заводских условиях, осуществляется контроль за появлением твёрдого углеродистого осадка, за его ростом и результатами его удаления, где вся информация выводится на информационное табло лётчика, космонавта, наземного оператора, в бортовой и наземный компьютер.

Внедрение данных разработок исключит масляное голодание осевых подшипников, повысит ресурс, надёжность, эффективность, безопасность и экономичность не только двигателей, но и самих ЛА одно – и многократного использования, а также наземных ГТУ, ЭУ и ТС. В докладе приводятся новые и запатентованные конструктивные схемы масляных форсунок повышенных характеристик и их систем контроля.

Результаты исследования будут способствовать созданию новых масляных систем для наземной, воздушной, аэрокосмической техники повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, эффективности, безопасности и экономичности, что значительно обеспечит безопасность персонала при эксплуатации и обслуживании двигателей ЛА и наземных ГТУ, ЭУ и ТС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Щиголев А.А., Юсупов А.А. Исследование возможности применения магнитных и электростатических полей для борьбы с осадкообразованием в авиационных моторных маслах двигателей, энергоустановок и техносистем наземного, воздушного и аэрокосмического базирования // Изв. вузов. Машиностроение. №3 (684). 2017 г. С. 76-88.
2. Алтунин В.А., Львов М.В., Щиголев А.А., Юсупов А.А., Яновская М.Л. Экспериментальная установка для исследования влияния электростатических полей на теплообмен и процесс осадкообразования в моторном авиационном

- масле при его вынужденной конвекции // Изв. вузов. Машиностроение, 2023, № 7, с. 113–123, doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-113-123
3. Алтунин В.А., Львов М.В., Юсупов А.А., Щиголев А.А., Пукачёв И.Р., Яновская М.Л. Результаты экспериментальных исследований тепловых процессов в условиях вынужденной конвекции моторного авиационного масла марки МС-20. Инженерный журнал: наука и инновации, 2023, вып. 6. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2023-6-2285>.
4. Алтунин В.А., Львов М.В., Юсупов А.А. и др. Результаты экспериментального исследования влияния электростатических полей на тепловые процессы в моторном авиационном масле марки МС-20 в условиях его вынужденной конвекции. Ч. 1. // Инженерный журнал: наука и инновации, 2023, вып. 11. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2023-11-2317>.
5. Алтунин В.А., Львов М.В., Юсупов А.А. и др. Результаты экспериментального исследования влияния электростатических полей на тепловые процессы в моторном авиационном масле марки МС-20 в условиях его вынужденной конвекции. Ч. 2. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2023, вып. 12. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2023-12-2324>.
6. Алтунин В.А., Юсупов А.А., Львов М.В., Кореев Е.П. и др. Исследование возможности применения электростатических полей для борьбы с осадкообразованием на топливных и масляных металлических фильтрах двигателей летательных аппаратов и наземных энергоустановок // Матер. международ. научно-технич. конф. им. Н.Д. Кузнецова «Перспективы развития двигателестроения». Самара: Изд-во Самарского университета, 2025. С. 125 - 127.

КАРБОНИЗИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

Басов В.В. Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

В последние десятилетия одна из главных задач в строительстве и различных отраслях промышленности заключается в постоянном повышении уровня пожарной безопасности. Пожары наносят значительный вред как людям, так и экономике в целом. С учетом этого, разработка новых материалов с улучшенными свойствами, такими как карбонизированные композиты, является одной из актуальных тем в науке о материалах. Эти инновационные материалы обладают уникальными огнезащитными свойствами, которые могут существенно повысить эффективность противопожарной защиты.

Карбонизация представляет собой сложный термохимический процесс, предполагающий термическое разложение органических материалов в условиях ограниченного доступа кислорода. В результате этого процесса образуются углеродные структуры с повышенной стабильностью. Классическими

примерами материалов, подверженных карбонизации, являются древесина и полимеры. При нагреве и карбонизации они теряют водоудерживающие свойства и получают улучшенные механические характеристики [1].

В ходе карбонизации происходит значительное изменение микро- и макроструктуры материалов. Органические компоненты, такие как целлюлоза и лигнин, разлагаются, в то время как углерод и другие неорганические элементы остаются. Это изменение приводит к образованию высокоориентированных углеродных структур, которые характеризуются улучшенными механическими свойствами и устойчивостью к различным внешним воздействиям, включая высокие температуры и химическую коррозию.

Термостойкость является одним из ключевых свойств карбонизированных материалов. Исследования показывают, что такие материалы могут выдерживать температуры свыше 400 °C без значительных изменений в их физической структуре. Это означает, что они могут замедлять процесс горения и уменьшать риск быстрого распространения пламени в помещениях.

Другая важная характеристика – это низкая теплопроводность. Благодаря своей пористой структуре и углеродной матрице, карбонизированные материалы способны эффективно изолировать тепло, что позволяет снизить передачу тепла в конструкции во время пожара. Это свойство важно для предотвращения теплового шока в соседних конструкциях и увеличивает время, необходимое для достижения критических температур.

Химическая устойчивость карбонизированных материалов делает их незаменимыми в условиях, где возможны контакты с агрессивными химическими веществами. Они не подвержены коррозии, что обеспечивается отсутствием органических соединений, способствующих разрушению. Эта особенность значительно увеличивает срок службы таких материалов и уменьшает эксплуатационные расходы [2].

Карбонизированные смеси могут использоваться для создания специализированных покрытий, которые наносятся на элементы строительных конструкций. Эти покрытия формируют огнестойкий барьер, защищая металлические, бетонные и деревянные компоненты зданий от разрушительного воздействия огня.

С точки зрения экономики, применение карбонизированных материалов открывает дополнительные перспективы:

1. Снижение расходов на страхование: Здания, которые построены с использованием карбонизированных материалов, могут получать более низкие ставки по страхованию, поскольку уровень рисков значительно снижен.

2. Устойчивость к условиям эксплуатации: Карбонизированные материалы обладают высокой устойчивостью к воздействию внешней среды, что также приводит к снижению затрат на ремонты и замены.

3. Энергоэффективность: Низкая теплопроводность данных материалов способствует экономии на отоплении и охлаждении зданий, что очень актуально в современных условиях энергоэкономии.

Карбонизированные материалы открывают новые горизонты в области противопожарной защиты. Внедрение этих материалов в массовое производство может значительно повысить уровень безопасности зданий и сооружений, снизить экономические затраты и улучшить качество жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелешко, А. И. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты / А. И. Мелешко, Половников С.П. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2007. – 192.
2. Термостойкий полимер: типы, свойства и многое другое [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://proleantech.com/ru/heat-resistant-polymer>. – Дата доступа: 26.11.2025.

ТИТАН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКЕ

Герасименко С.И., Кондратович Д.Д., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

Современная пожарная техника предъявляет высокие требования к материалам, используемым в ее конструкции. Они должны обладать легкостью, прочностью, коррозионной стойкостью, способностью выдерживать экстремальные температуры и агрессивные среды. Среди множества конструкционных материалов этим требованиям в полной мере отвечают титан и его сплавы.

Титан занимает особое место среди конструкционных металлов благодаря комплексу уникальных характеристик [1]:

1. Высокая удельная прочность. Титан обладает прочностью, сопоставимой со многими марками стали, но при этом его плотность ($4,5 \text{ г/см}^3$) примерно в 1,7 раза меньше, чем у железа ($7,8 \text{ г/см}^3$);

2. Коррозионная стойкость. Титан исключительно стоек к коррозии в широком диапазоне агрессивных сред. Он не разрушается в морской воде, соленой атмосфере, а также в присутствии многих химических реагентов, которые могут выделяться при горении (кислоты, щелочи, продукты горения полимерных материалов);

3. Жаропрочность и термостабильность. Чистый титан и некоторые его сплавы сохраняют высокую механическую прочность при температурах до $400\text{--}500^\circ\text{C}$. Хотя для непосредственной работы в открытом пламени он не предназначен (в отличие от специальных сталей), его способность выдерживать нагрев вблизи очага пожара и термические удары делает его надежным материалом для элементов, не подвергающихся прямому воздействию огня;

4. Немагнитность. Это свойство особенно важно для пожарно-спасательных подразделений, работающих на объектах с сильными магнитными полями или там, где существует риск взаимодействия с нераззорвавшимися боеприпасами. Оборудование из титана не создает искр при ударе, что повышает безопасность работ во взрывоопасных зонах;

5. Биологическая инертность. Титан полностью биосовместим, что позволяет использовать его в конструкциях дыхательных аппаратов, контактирующих с дыхательной смесью, без риска возникновения аллергических реакций или коррозии, продукты которой могли бы попасть в организм человека.

Благодаря описанным свойствам, титан нашел применение в нескольких ключевых направлениях пожарно-технического вооружения.

Современные пожарные используют дыхательные аппараты со сжатым воздухом. Баллоны для них изготавливают по технологии «композитный сосуд давления» (КСД). Внутренняя колба (лайнер) таких баллонов часто выполняется из бесшовной титановой трубы. Титан идеально подходит для этой цели, так как он прочен, легкий, не подвержен коррозии изнутри от контакта с осушенным воздухом, и что важно – обладает пластичностью, которая предотвращает хрупкое разрушение.

Корпуса насосов высокого давления: для создания компактных и мощных насосов, используемых в мотопомпах и некоторых пожарных автомобилях, применяются титановые сплавы. Они выдерживают высокое давление перекачиваемой среды (воды, пены) и устойчивы к абразивному износу.

Аварийно-спасательный инструмент (АСИ): Современные гидравлические ножницы, кусачки и расширители, предназначенные для деблокирования пострадавших в ДТП, активно используют титановые сплавы в силовых элементах конструкций. Это позволяет снизить вес, которым пожарному приходится работать в течение длительного времени, не теряя в мощности и надежности.

Для создания переносных стволов и генераторов пены, особенно в авиационной пожарной технике, где важен каждый килограмм, применяются титановые сплавы. Они не ржавеют от постоянного контакта с водой и пеной.

Развитие технологий (например, аддитивные технологии – 3D-печать титановыми порошками) постепенно снижает стоимость и упрощает производство сложных деталей. Исследования направлены на создание новых, более дешевых и технологичных титановых сплавов. В будущем можно ожидать расширения номенклатуры пожарно-технического оборудования, изготовленного с применением титана, особенно в области робототехники и беспилотных летательных аппаратов для тушения пожаров.

Использование титана позволяет создавать более надежное, долговечное и эргономичное оборудование, напрямую способствующее повышению безопасности и эффективности работы пожарно-спасательных подразделений. Дальнейшее развитие материаловедения и производственных технологий будет способствовать увеличению доли титановых сплавов в пожарной технике, открывая новые возможности для защиты от огня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солнцев, Ю. П. Материаловедение: Учебник для вузов. Изд. 7-е / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2020 – 784 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ В ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ершов Н.Р., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

Учась в университете и изучая тактику спасательных работ, начинаешь понимать, что деятельность МЧС в нашей стране – это не только пожары. Беларусь часто называют «синеокой», у нас огромное количество рек, озер и водохранилищ. И, к сожалению, вода часто становится источником опасности. Ежегодно происходят паводки, случаются аварии на дамбах, тонут машины или требуется помощь судам. Сейчас ликвидацией таких ЧС занимаются водолазные службы, например, специалисты отряда «ЗУБР». Одной из технологий, которая могла бы серьезно облегчить работу спасателей, является подводная сварка и резка.

Главная особенность сварки под водой – это быстрое охлаждение. Вода забирает тепло моментально, и из-за этого металл шва закаливается, становится твердым, но хрупким. К тому же, под действием температуры сварочной дуги вода распадается на водород и кислород. Водород и кислород могут попадать в сварочную ванну, что приводит к образованию в сварном шве газовых пор и трещин. Данные дефекты сварных швов значительно ухудшают механические свойства сварного соединения, а в некоторых случаях являются недопустимыми.

В мире существует два основных подхода к сварке под водой [1]. Первый – это сварка в сухих камерах. Это когда вокруг трубы или опоры моста строят герметичный бокс, выкачивают воду, и сварщик работает в сухом пространстве. Качество шва получается идеальным, как на заводе. Но в условиях реальной аварии, когда счет идет на минуты, никто не будет строить подводную комнату. Такой метод пригоден при плановом капитальном ремонте стратегических объектов, например, шлюзов или крупных газопроводов.

Гораздо перспективнее для оперативной работы МЧС выглядит так называемая «мокрая» сварка. Суть метода проста: сварщик работает прямо в воде, используя специальные электроды, покрытые водонепроницаемым составом. Это дает огромную мобильность. Группа водолазов может приехать на место ЧС, быстро развернуться и начать работу. Главный плюс «мокрого» метода – скорость.

Конечно, нельзя забывать про развитие технологий [2]. В настоящее время существуют телеуправляемые подводные аппараты, на которые можно ставить сварочные манипуляторы. Это было бы идеальным решением для особо опасных условий – например, если вода загрязнена химикатами или радиацией, или если глубина слишком большая для безопасной работы человека.

Использование таких роботов позволило бы спасателям управлять процессом с берега, не рискуя жизнью.

Спасательные службы должны быть готовы к любым сценариям развития чрезвычайных ситуаций. Следует отметить, что использование подводной сварки в практике МЧС Беларуси – это не просто дань моде, а необходимость. Это требует закупки нового оборудования, а также обучения личного состава новым способам и приемам сварки под водой. Ведь когда случится беда, одной физической силы водолаза может не хватить – нужны современные инженерные решения. И чем больше инструментов будет в арсенале спасателя, тем больше жизней мы сможем сохранить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сташкевич, В.Г. Разновидности подводной сварки / В.Г. Сташкевич, Е.В. Алексиевич, Д. В. Труханович; науч. рук. М.В. Гольцова // Новые материалы и технологии их обработки : сборник научных работ XXIII Республиканской студенческой научно-технической конференции, 21–22 апреля 2022 года / сост.: А.П. Бежок, И.А. Иванов. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 232–233.
2. Шестаков, С.А. Подводная сварка и резка металлоконструкций морских нефтегазовых сооружений: учебное пособие / С. А. Шестаков. – Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т. – Волгоград, 2008. – 162.

ВЛИЯНИЕ НИЖНЕГО КОНЦЕНТРАЦИОННОГО ПРЕДЕЛА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ НА ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ПЫЛЕВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Жолнерчик В.В., Бирюк В.А.

Университет гражданской защиты

Интенсивное развитие биотехнологического кластера в Республике Беларусь, связанное с вводом в эксплуатацию производственных объектов по глубокой переработке зерна и синтезу аминокислот, неизбежно актуализирует вопросы пожарной безопасности, выводя их на качественно новый уровень. В профессиональной среде существует определенная инерция мышления, когда пыли биотехнологических производств - будь то кормовые дрожжи, глютен, лизин или витаминные премиксы - воспринимаются как менее опасные по сравнению с традиционными угольными или древесными аэрозольными взвесями. Однако статистика и физико-химический анализ показывают, что подобная недооценка рисков может привести к фатальным последствиям, а одним из ключевых параметров, определяющих грань между штатным режимом и аварией, остается нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПРП). При этом в условиях биосинтеза этот показатель ведет себя иначе, чем в классических механических производствах, что требует детального рассмотрения.

Специфика формирования взрывоопасной среды на таких предприятиях закладывается еще на стадии получения конечного продукта. В отличие от мукомольной промышленности, где пыль образуется при механическом размоле, в биотехнологии доминирует процесс распылительной сушки. Частицы, проходящие через сушильные башни, приобретают форму полых микросфер с чрезвычайно развитой удельной поверхностью и низкой остаточной влажностью. Экспериментальные данные свидетельствуют, что для таких «вспученных» аэрозолей значения НКППП оказываются существенно ниже табличных данных для веществ того же химического состава, но полученных дроблением. Если для стандартной органической пыли нижний предел часто варьируется в диапазоне 30–60 г/м³, то для продуктов распылительной сушки он может снижаться до 15–25 г/м³ [3,4]. Это означает, что взрывоопасная концентрация в оборудовании и пневмотранспорте достигается значительно быстрее, чем предполагают стандартные методики расчета, а энергия взрыва выделяется с большей интенсивностью.

Ситуация усугубляется наличием в технологических цепочках процессов экстракции и очистки, где активно применяются органические растворители, такие как этанол или ацетон. Здесь сталкиваются с феноменом так называемых «гибридных смесей», когда в воздухе одновременно присутствуют и горючая пыль, и пары легковоспламеняющихся жидкостей. Согласно современным нормативным подходам, закрепленным в ГОСТ ИЕС 60079-10-2, наличие даже следовых количеств горючего газа (менее 1–2 % об.) выступает мощным катализатором воспламенения твердой фазы [2]. Происходит нелинейное снижение НКППП пылевой составляющей, которое зачастую игнорируется при категорировании помещений по ТКП 474–2013. В результате помещение, которое по расчетам должно относиться к пожароопасному, де-факто становится взрывоопасным, но не оснащается соответствующими системами защиты, что создает скрытую угрозу для персонала и инфраструктуры.

Нельзя упускать из виду и природу самих продуктов биосинтеза, которые, являясь высокомолекулярными органическими соединениями, обладают выраженными диэлектрическими свойствами. В процессе транспортировки по трубопроводам происходит интенсивная электризация частиц, а учитывая, что минимальная энергия зажигания для сухих биопрепаратов часто не превышает 10 мДж, разряд статического электричества становится наиболее вероятным инициатором взрыва [1]. Опасность возрастает многократно при нарушении регламентов уборки: осевшая пыль (аэрогель), склонная к самосогреванию и тлению, при малейшей вибрации или сквозняке переходит во взвешенное состояние. В этот момент концентрация мгновенно преодолевает порог НКППП, и происходит вторичный взрыв, обладающий, как правило, наибольшей разрушительной силой.

Таким образом, обеспечение взрывобезопасности современных биотехнологических производств требует отказа от формального использования справочных данных. Необходимо внедрение практики экспериментального определения НКППП для конкретных партий продукта с

учетом их дисперсности и влажности, а также обязательный учет синергетического эффекта в гибридных смесях. Только комплексный подход, включающий корректный расчет категорий, применение систем активного взрывоподавления и строгий контроль запыленности, позволит минимизировать риски и обеспечить безаварийную эксплуатацию высокотехнологичных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31438.2-2011 (EN 1127-2:2002). Взрывоопасные среды. Взрывозащита и предотвращение взрыва. — Минск: Госстандарт, 2012.
2. ГОСТ ИЕС 60079-10-2-2011. Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды. — Минск: Госстандарт, 2013.
3. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2 ч. / А. Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. — М.: Пожнаука, 2004. — 713 с.
4. Попов, Б.Г. Взрывобезопасность промышленных производств с обращением горючих пылей / Б. Г. Попов. — М.: МИХМ, 1992. — 140 с.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Кириян А.П., Мамаев В.В., Зборицки Л.А., Плетенецкий Р.С.

Федеральное государственное казенное учреждение «Научно-исследовательский институт «Респиратор» Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Российской Федерации»

Защита органов дыхания людей в зоне пожара, особенно в загазованном ограниченном пространстве, является одной из основных задач спасения жизни людей. Она актуальна и сложна из-за многообразия токсичных веществ и особенностей их физиологического воздействия на человека. Особенно опасным фактором при пожарах является снижение объемной доли кислорода до (10 – 11) %, которое во вдыхаемой газовой смеси вызывает гипоксию, приводящую к кислородному голоданию и внезапной потере сознания. Поэтому для защиты людей должны использоваться изолирующие средства защиты органов дыхания с автономной подачей кислорода и очисткой газовой смеси от диоксида углерода, которые работают по принципу отсечения загрязненной атмосферы от дыхательной системы человека.

В местах массового нахождения людей (гостиницы, кинотеатры, школы и др.) в настоящее время отдается предпочтение СИЗОД фильтрующего типа как более дешевым и доступным, но не самым надежным ввиду их ограниченных возможностей (содержание кислорода в окружающей среде должно быть не

менее 17 %). При пожарах наиболее надежная защита людей от ингаляционных поражений осуществляется при применении изолирующих средств с химически связанным кислородом, обладающими меньшей массой и габаритами, практически не требующими технического обслуживания при эксплуатации [1].

Использование при пожарах изолирующих самоспасателей представляется предпочтительным из-за непредсказуемости обстановки по качественному и количественному содержанию токсичных веществ.

Требования к самоспасателям для защиты органов дыхания от продуктов горения регламентируются соответствующими нормативно-правовыми актами, например ГОСТ Р 53260-2019 [2], но типы самоспасателей не конкретизируются.

Разработчики дыхательной аппаратуры считают достаточными для эвакуации гражданского населения время защитного действия аппарата 15 - 30 мин. В аппаратах данного типа стремятся к минимально возможной массе аппарата и упрощению процесса включения пользователя в самоспасатели: это обусловлено применением аппаратов неподготовленными людьми или с ограниченными физическими возможностями.

«НИИ «Респиратор» МЧС России» разработаны опытные образцы трех новых моделей дыхательных аппаратов, две модели – для защиты органов дыхания гражданского населения при пожарах и других чрезвычайных ситуаций - это самоспасатели изолирующего типа с химически связанным кислородом СГЭ и СПО, временем защитного действия не менее 15 и 25 мин соответственно, третья модель - СГЭ-У - учебно-тренировочный самоспасатель для приобретения навыков и обучения правилам пользования первыми двумя типами самоспасателей.

Самоспасатель СГЭ (самоспасатель гражданский для эвакуации) классифицируют по [2] как самоспасатель общего назначения. Он рассчитан на применение при температуре окружающей среды от минус 10 до плюс 60 °С, относительной влажности до 100 %. Масса рабочей части самоспасателя (в положении для применения) - не более 2,0 кг. Портативность самоспасателя является одним из условий возможности его массового практического использования. Физиологические требования к таким самоспасателям учитывают кратковременность и эпизодичность их использования, данные аппараты не рассчитаны на выполнение сложной физической работы, поэтому требования к условиям дыхания в них несколько снижены.

Конструкция аппарата удобна и способна защищать человека с различными антропометрическими данными в непригодной для дыхания среде. Самоспасатель СГЭ состоит из регенеративного патрона, заполненного кислородсодержащим продуктом, пускового устройства, воздухопроводной системы, лицевой части в виде полумаски ПР-7 и капюшона с иллюминатором, предохраняющим органы дыхания и лицо пользователя от токсичных продуктов горения и теплового воздействия пожара (рисунок 1а). При этом надежность изоляции органов дыхания не зависит от размеров головы, наличия бороды и усов, очков, объемной прически [3]. Самоспасатель СГЭ успешно

прошел натурные испытания в высотном здании (24 этажа) с участием испытателей-добровольцев, обеспечив необходимое время защитного действия и комфортные условия при такой сложной и физически тяжелой нагрузке, как быстрый подъем по маршевой лестнице с углом наклона 38°.

Самоспасатель СПО разработан и предназначен для обслуживающего персонала зданий различного функционального назначения (гостиницы, кемпинги, мотели и др.), ответственного за оповещение и организацию эвакуации людей в местах их массового пребывания при пожаре или других авариях, связанных с образованием непригодной для дыхания среды.

Самоспасатель СПО может также использоваться для оснащения работников пожарных постов и объектовых пунктов пожаротушения, постов безопасности зданий и сооружений с целью организации первичных мероприятий по тушению пожара или ограничению его распространения по [2] классифицируют как самоспасатель специального назначения (рисунок 1б).



Рис. 1а – Самоспасатель СГЭ



Рис. 1б – Самоспасатель СПО

Самоспасатель СПО оснащается лицевой частью в виде резиновой маски с переговорным устройством, которое позволит вести переговоры и отдавать при необходимости команды при эвакуации гражданского населения. Самоспасатель СПО имеет время защитного действия не менее 25 мин, массу аппарата в положении для применения не более 2,35 кг при норме не более 2,50 кг; условия дыхания – комфортные, является технически надежным, технологичным при изготовлении, удобным при техническом обслуживании и пользовании [3, 4].

Самоспасатель СПО, также как и СГЭ, прошел испытания с участием людей, имитируя эвакуационный выход из аварийной зоны: комплекс упражнений выполнялся в лабораторных условиях в эргометрическом зале (беговой мостик со скоростью 5 км/ч) (рис. 2), тепловой камере при температуре 40 °С и на улице при температуре минус 10 °С.



Рис. 2. – Испытания самоспасателя СПО в эргометрическом зале

Условия дыхания в самоспасателе СПО испытатели-добровольцы оценивали как нормальные, вполне переносимые: сопротивление дыханию не затрудняло выполнение упражнений, отмечено ощущение очень теплого и сухого воздуха при завершении времени защитного действия, т.е. после 25 мин испытания. Воздействие сухого нагретого воздуха на верхние дыхательные пути человека может вызывать неприятные субъективные ощущения и является существенным элементом теплового дискомфорта, но в аварийной ситуации кратковременное вдыхание ГДС с температурой около 50 С является физиологически допустимым.

В настоящее время на отечественном и зарубежном рынках имеются более 60 наименований изолирующих самоспасателей с химически связанным кислородом различных фирм и с разным временем защитного действия. Однако большинство из них имеют производственную направленность и рассчитаны на применение в аварийной ситуации в угольных, золотоносных, соляных шахтах и других предприятиях подготовленным (обученным) персоналом, что определяет особенности их конструкций и способов эксплуатации, содержат футляр повышенной прочности и другие особенности, неприемлемые для гражданских изолирующих самоспасателей, пребывающих пока в меньшинстве.

Для обучения правильному использованию дыхательных аппаратов актуальны тренировочные занятия, которые проводят с использованием учебных дыхательных аппаратов [5].

Учебный гражданский самоспасатель СГЭ-У (рисунок 3) – имитатор изолирующих самоспасателей с химически связанным кислородом СГЭ и СПО – разработан для приобретения практических навыков включения в изолирующий самоспасатель СГЭ и для повышения уровня подготовленности людей в аварийной ситуации.



Рис. 3 – Самоспасатель СГЭ-У

Аппарат СГЭ-У обеспечивает полную имитацию действий и их последовательность при вскрытии и включении в изолирующий самоспасатель, а также воспроизводит воздействие на организм такого физиологического параметра, как сопротивление дыханию (норма – не более 0,8 кПа). Дыхание в нем осуществляется по открытой схеме и только в атмосфере пригодной для дыхания.

Продолжительность учебных тренировок не ограничена (от 15 мин и более), элементы учебного самоспасателя, контактирующие с дыхательным воздухом, обязательно подвергаются дезинфекции. Для отличия от изолирующего самоспасателя СГЭ, защитный футляр которого имеет красный или ярко-оранжевый цвет, защитный футляр самоспасателя учебного окрашен в голубой цвет (по аналогии с зарубежными моделями). При замене лицевой части (капюшона с полумаской) учебного самоспасателя на полнолицевую маску возможно проведение обучения и пользования также самоспасателем СПО.

Оснащение этими самоспасателями гостиничных, административных и других зданий с массовым пребыванием людей позволит своевременно оказать им помощь, сохранить жизнь и здоровье при возникновении аварийной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудков С.В. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования. / С.В. Гудков, С.И. Дворецкий, С.Б. Путин, В.П. Таров – М.: Машиностроение, 2008. – 82 с.
2. ГОСТ Р 53260-2019. Техника пожарная. Самоспасатели пожарные изолирующие с химически связанным кислородом для защиты людей от токсичных продуктов горения при спасении из задымленных помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний

3. Плетенецкий, Р.С. Самоспасатели для эвакуации людей в местах массового их пребывания при пожаре / Р.С. Плетенецкий, Л.А. Зборщик // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: сборник материалов XII международной научно-практической конференции, Кемерово, 22-23 ноября 2017 г. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 121. – EDN YNPLSF.
4. Плетенецкий, Р.С. Защита обслуживающего персонала от пожарных газов при эвакуации людей / Р.С. Плетенецкий // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017.– № 4 (126). – С. 81 – 84. – EDN ZRACTV.
5. Анализ технических характеристик учебных самоспасателей и методик обучения с их применением / В. М. Медгаус, Р. С. Плетенецкий, Л. А. Зборщик, В. И. Францев // Научный вестник НИИГД Респиратор. – 2024. – № 1(61). – С. 118-128. – EDN TIJNML.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТОФРОПРЕДПРИЯТИЯХ

Ковалевский Н.В., Минько Д.В.

Университет гражданской защиты

Торф – органическое вещество, образовавшееся в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенной влажности и ограниченного доступа воздуха [1].

Торф является одним из немногочисленных местных топливно-энергетических ресурсов. Его доля в общем объеме местных топливно-энергетических ресурсов составляет около 15 процентов. В энергетическом балансе республики доля торфа составляет 2–3 процента.

Основной задачей торфяной промышленности является обеспечение потребности населения и коммунально-бытовых потребителей, топливно-энергетического комплекса республики в торфяном топливе и продукции на основе торфа – топливных брикетах, кусковом торфе, торфе топливном, питательных грунтах и удобрениях, торфе для компостирования, верховом торфе [2].

В настоящее время торфяная промышленность в системе Минэнерго представлена 9 торфодобывающими и 1 машиностроительной организацией, осуществляющими добычу торфа и производство торфяной продукции (брикеты топливные, грунты питательные (более 50 наименований), торф верховой, удобрения жидкие, торф кусковой топливный, горшочки торфяные), производство специализированного технологического оборудования. Работает проектная и научно-исследовательская организация – Проектное научно-исследовательское РУП «НИИ Белгипрогаз», которая выполняет для

торфопредприятий весь комплекс работ – проектирование систем газоснабжения и торфоразработок.

Ежегодно добывается около 2 млн. тонн торфа. Из него производится 1,2 млн. тонн торфяной продукции, в том числе 1 млн. тонн – топливной группы [3].

Проблема обеспечения пожаробезопасности на торфопредприятиях имеет актуальное значение. С каждым годом в результате увеличения объемов переработки торфа в Республике Беларусь возрастают масштабы пожаров, основным источником которых является торф и торфяная пыль. Пожарная опасность торфа зависит от его химических свойств: элементного и группового состава, влажности и др. Горючее вещество составляет почти 70 % массы торфа.

Целью работы является анализ причин возникновения пожаров на торфопредприятиях.

Наличие факторов, от которых напрямую зависит безопасность функционирования торфяных предприятий, делает проблему обеспечения пожаробезопасности на торфопредприятиях достаточно сложной. Анализ причин возникновения крупных пожаров, приводящих к травмированию и гибели производственного персонала [4], показывает, что чаще всего к ним приводят нарушение технологического процесса, правил эксплуатации оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина, усугубляемые неконтролируемым скоплением торфяной пыли.

Примеры крупных пожаров, произошедших на территории Республики Беларусь за последнее время:

1. 24 июня 2018 г. произошло возгорание в цехе двухэтажного кирпичного здания производственного корпуса ОАО «Торфобрикетный завод Браславский» в деревне Ахремовцы Браславского района. Огнем повреждены элементы управления двух циклонов, блок управления прессами и электропроводка оборудования.

2. 05 мая 2024 г. подразделения МЧС тушили пожар на последнем этаже высотного производственного здания на территории Старобинского торфобрикетного завода. В находящемся на ремонте здании подготовительного отделения и галерее загорелась транспортерная лента на площади около 300 квадратных метров [5].

В результате проведенного анализа возникновения чрезвычайных ситуаций на торфопредприятиях выявлены следующие технические причины аварий и несчастных случаев (рис. 1):

1. Нарушение технологического процесса – 51,4 %.
2. Неосторожное обращение с огнем – 29,8 %.
3. Нарушение правил монтажа и эксплуатации электросетей и электрооборудования – 14,3 %.
4. Проявление сил природы – 4,5 %.

Показано, что причинами пожаров в большинстве случаев являются: 1) нарушение установленных норм и правил при проектировании, строительстве и

реконструкции объектов торфяной промышленности; 2) нарушение технологии производства и хранения продукции, правил эксплуатации оборудования, машин и механизмов, аппаратов; 3) низкая трудовая и технологическая дисциплина производственного персонала.

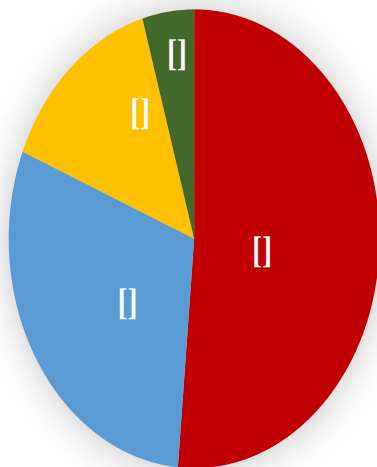


Рисунок 1 Основные технические причины аварий и несчастных случаев

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по торфу / Под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
2. Государственная программа «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года, утверждена постановлением Совмина от 23.01.2008 № 94.
3. 100 ЛЕТ ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/Torf.pdf> – Дата доступа: 27.11.2025.
4. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]/ Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2025. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/> – Дата доступа: 27.11.2025.
5. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/> – Дата доступа: 27.11.2025.

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ТОРФОПРЕДПРИЯТИЯХ

Ковалевский Н.В. Минько Д.В.

Университет гражданской защиты

Торф – твердое топливо, образующееся в результате неполного разложения остатков болотных растений в условиях повышенной влажности и недостаточного доступа кислорода. В результате неполного разложения

растений торф постепенно накапливается в почве, образуя слой торфяной залежи.

В настоящее время торф добывается фрезерным, экскаваторным и гидравлическим способами [1].

Наиболее распространенным и опасным в пожарном отношении является фрезерный способ добычи торфа. Торф сушат до влажности 40–45 % и собирают в валки, а затем в караваны, которые располагают на месте добычи.

Поля добычи фрезерного торфа занимают большие площади. В зависимости от количества добываемого торфа площадь делится на производственные участки (один участок 400–500 га), которые находятся на небольшом расстоянии от населенных пунктов и лесных массивов, от которых их отделяют противопожарными зонами [2].

Пожары на участках добычи торфа подразделяются на наружные (открытые), когда горение происходит на поверхности, и подземные.

Температура горения фрезерного торфа на поверхности участков достигает 450–500 °С, а на поверхности штабелей 600–800 °С. Горение фрезерного торфа сопровождается выделением большого количества дыма.

Целью работы является анализ особенностей тушения пожаров на торфопредприятиях в зависимости от условий распространения.

Методы и средства тушения определенного пожара торфяника зависят от множества факторов, которые связаны с площадью образовавшегося пожара, глубины залежей торфа, присутствия рядом водоемов, подъездных путей, имеющейся техники для тушения и т.п.

Реальные пожары показали, что при горении штабелей высотой 3–4 м и скорости ветра 11–12 м/с дальность переброски горящих частиц торфа с вершины штабеля в 15–20 раз больше, чем их наземный перенос, а вихревой перенос может быть осуществлен на 2–3 километра. Штабели фрезерного торфа за 6 часов прогорают на глубину до 15 см, где образуется спекшаяся корка, а наверху слой золы толщиной 3–4 см, задерживающий горение и препятствующий тушению [3].

Ночью пожары на торфополях в большинстве случаев развиваются незначительно, т. к. влага перемещается от залежи в верхние слои торфа. Кроме того, ночью стихает ветер и выпадает роса. Наиболее интенсивное развитие пожара наблюдается днем. Так, при температуре окружающего воздуха 20–25 °С и при солнечной малооблачной погоде верхние слои торфа могут нагреваться до 40–45 °С. В результате температурного градиента одна часть влаги перемещается в нижние слои залежи, а часть ее испаряется, что способствует более интенсивному горению торфа.

В зависимости от условий пожар на торфополях может иметь угловую, круговую и прямоугольную формы развития.

Прямоугольная форма развития пожара на торфополях наблюдается очень редко. Горение торфа в массиве при отсутствии ветра, а также подземные пожары, как правило, имеет близкую к круговой форму пожара.

На торфополях линейная скорость распространения пламени $v_{\text{л}}$, м/ч, и дальность переброски горящих частиц фрезерного торфа L , м, определяют по эмпирическим формулам [4]. Для фрезерного торфа:

$$v_{\text{л}} = \left(\frac{v_{\text{в}} - 2,5}{2,1} \right)^2 \quad (1)$$

$$L = \left(\frac{v_{\text{в}} - 2}{1,3} \right)^2 \quad (2)$$

где $v_{\text{в}}$ – скорость ветра, м/с.

Формулы (1) и (2) справедливы для фрезерного торфа влажностью до 30 % и скорости ветра от 4 до 14 м/с. Для кускового торфа влажностью до 25 %:

$$v_{\text{л}} = \left(\frac{v_{\text{в}} - 2}{7,5} \right)^2 \quad (3)$$

$$L = \left(\frac{v_{\text{в}} - 4,5}{1,5} \right)^2 \quad (4)$$

При угловой форме развития пожара (рис. 1) по ветру и его скорости от 6 до 20 м/с центральный угол сектора α , град, определяется по формуле:

$$\alpha = 65 - 2,6v_{\text{в}}, \quad (5)$$

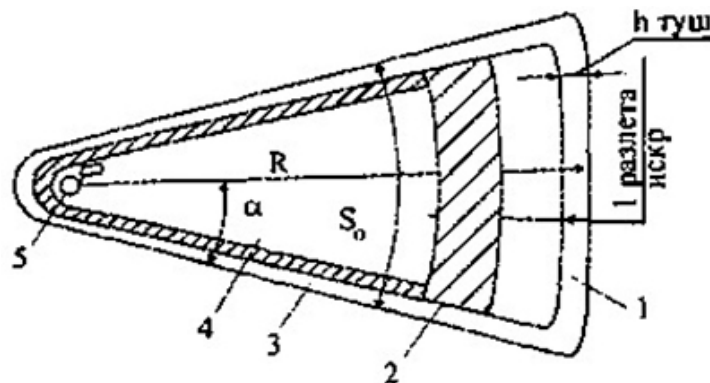


Рисунок 1 – Форма распространения пожара на торфополях:

- 1 – площадь тушения; 2 – площадь пожара; 3 – ширина площади тушения;
4 – площадь, где торф выгорел; 5 – место возникновения пожара

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по торфу / Под ред. А.В. Лазарева и С.С. Корчунова. – М.: Недра, 1982. – 760 с.
2. Иванников, В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П. П. Ключ. — М.: Стройиздат, 1987. — 288 с.
3. Рекомендации по тушению осушенных торфяных болот / Г. В. Куксин, М.Л. Крейншлин, Ю.Б. Петренко [и др.]. 2-е изд., пере раб. и доп. М.: ФАУ ДПО ВИПКЛХ, 2020. 109 с.
4. Куксин Г.В., Крейншлин М.Л., Коршунов Н.А. Рекомендации по тушению торфяных пожаров на осушенных болотах. М.: ВИПКЛХ, 2016. 110 с.

«ПОТЕЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ» КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС

Конон И.Е., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

Современные чрезвычайные ситуации от масштабных пожаров до выбросов опасных веществ и разрушительных штормовых явлений требуют от спасательных подразделений высокой выносливости, устойчивости к экстремальному тепловому воздействию и использования новых подходов к защите личного состава. В условиях высокой температуры, токсичных продуктов горения и ограниченного времени на реагирование особую роль играет качество защитной экипировки и технического оснащения. Одним из перспективных направлений развития становится создание и применение так называемых «потеющих материалов» - структур, способных выделять влагу или специальные составы при нагреве, тем самым снижая температуру, препятствуя распространению огня и повышая безопасность спасателей. Их потенциал высок особенно в условиях длительного нахождения в горячей зоне, когда классические огнестойкие костюмы перестают эффективно защищать от перегрева. Такой подход открывает возможность обеспечения нового уровня терморегуляции, защиты и автономности, что делает его актуальным для подразделений МЧС.

Потеющие материалы основаны на явлении, которое в природе долгое время служит эффективным механизмом выживания – на испарительном охлаждении. Под воздействием тепла материал выделяет влагу из заранее встроенных микрокапсул, пористых структур или полимерных матриц. Влага, испаряясь, снижает температуру поверхности экипировки или защищаемого объекта. Для спасателей, работающих в условиях экстремальной температуры, такой эффект позволяет уменьшить риск перегрева, теплового удара и снижения работоспособности. В отличие от традиционных охлаждающих систем, подобная технология не требует внешнего источника энергии и поэтому отличается высокой надёжностью и автономностью [1].

Особенно важным применение потеющих материалов становится при разработке новых защитных костюмов. Во время тушения пожаров экипировка подвергается продолжительным нагрузкам, а температура в зоне работы может многократно превышать допустимые для человеческого организма значения. Классические ткани, даже усиленные теплоотражающими слоями, не обеспечивают активной теплопередачи, что приводит к накоплению тепла под костюмом. Введение потеющих слоёв способно изменить этот баланс: при росте температуры материал высвобождает влагу, создавая охлаждающую прослойку, которая уменьшает термическое воздействие и продлевает время безопасного пребывания спасателя в зоне высокой температуры. Технология

особенно актуальна при длительных операциях, где важно обеспечить не только защиту, но и увеличить время работы в опасной зоне – фактор, который в условиях ЧС может стоить жизни спасателям [1].

Немаловажен потенциал таких материалов и в обеспечении устойчивости оборудования. Многочисленные приборы и инструменты, используемые спасателями, также подвержены перегреву. Приборы контроля атмосферы, гидравлические инструменты, автономные светильники и другое оборудование в условиях высокой температуры работают на пределе своих возможностей. Внедрение потеющих покрытий или теплоактивируемых охлаждающих элементов позволяет повысить время их работы, снизить вероятность отказа и обеспечить стабильность функционирования в самых сложных ситуациях. Это особенно важно при ликвидации аварий, где отказ оборудования может привести к задержке спасательных действий или созданию дополнительных угроз [2].

Потеющие материалы можно применять не только в экипировке, но и в конструктивных элементах мобильных модулей, защитных укрытий, контейнеров для хранения оборудования, термочувствительных приборов. За счёт пассивного механизма срабатывания такие покрытия способны уменьшить риск воспламенения, перегрева или разрушения отдельных элементов инфраструктуры, относящейся к оперативным службам. Температура сама «включает» защиту, что делает систему полностью автономной и независимой от электроники, датчиков или систем управления. Это повышает общую устойчивость спасательных подразделений перед воздействием внешних факторов [2].

Тем не менее внедрение подобных технологий сопровождается рядом сложностей. Прежде всего, требуется обеспечить долговечность материалов: постоянные механические воздействия, влажность, перепады температур и высокая интенсивность эксплуатации могут приводить к деградации потеющих слоёв. Кроме того, необходимо создать оптимальный баланс между объёмом влаги, доступной для выделения, и весом защитной экипировки. Избыточная масса или недостаточный охлаждающий эффект могут свести на нет преимущества технологии. Важной задачей также остаётся стандартизация и сертификация таких материалов, поскольку область их применения напрямую связана с безопасностью людей [2].

Несмотря на эти вызовы, потенциал потеющих материалов для МЧС остаётся значительным. Они способны повысить безопасность спасателей, улучшить устойчивость техники, увеличить автономность подразделений и создать условия для более эффективного выполнения задач в условиях высокой температуры.

Таким образом, потеющие материалы представляют собой перспективный элемент развития современных спасательных технологий. Их внедрение требует комплексного подхода – от научных разработок до изменений в системах профессиональной подготовки и оснащения. Однако уже сегодня очевидно, что такие решения могут стать важным шагом к созданию

более безопасной, технологичной и устойчивой системы реагирования на чрезвычайные ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин, Д.В. Исследование влияния эксплуатационных факторов на теплозащитные показатели пакета материалов боевой одежды пожарного / Д. В. Сорокин, А.Л. Никифоров // Технологии и качество. – 2021. – С. 16–21.
2. Никифоров, А.Л. Совершенствование теплозащитных свойств боевой одежды пожарного в местах крепления светоотражающих элементов / А.Л. Никифоров // Современные проблемы гражданской защиты. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – 2018. – С. 15–20.

СВАРКА ЖИВЫХ ТКАНЕЙ: ПРИМЕНЕНИЕ В МЧС ДЛЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Логвинец А.В., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

Скорость и безопасность метода сварки живых тканей играют решающую роль при оказании экстренной медицинской помощи специалистами Министерства по чрезвычайным ситуациям. Возможность быстро закрыть рану и одновременно обеспечить надежный гемостаз позволяет значительно снизить риск критической кровопотери и ускорить стабилизацию состояния пострадавшего. Это особенно актуально при тяжелых травмах, когда каждая секунда имеет жизненно важное значение.



Рисунок – Универсальный аппарат для сварки живых тканей ЕКВЗ-300
ПАТОНМЕД

Технология сварки живых тканей базируется на принципе высокочастотного воздействия электрического тока на сжатые электрическими электродами биологические ткани.

Одна из ключевых особенностей технологии – универсальность аппаратов. Они не только позволяют сваривать мягкие ткани, но и выполняют

резы с одновременным гемостазом. Аппаратура способна работать с различными типами тканей - мышечными, паренхиматозными, сосудистыми, а также эффективно перекрывать сосуды диаметром до 10 мм. Это достигается благодаря точному управлению электродами и тщательно подобранным параметрам сварочного тока, что обеспечивает как прочное соединение, так и минимальные кровопотери [1].

Благодаря автоматизированной системе управления сварочным процессом обеспечивается баланс между достаточным количеством энергии для надежного шва и минимизацией некротического поражения близлежащих тканей. Это снижает риск осложнений, характерных для традиционной электрокоагуляции, такие как ожоги и образование дыма, значительно повышая безопасность и качество результата [2].

Важным аспектом является минимальная потребность в расходных материалах, что значительно упрощает логистику в чрезвычайных ситуациях и снижает зависимость от ограниченного запаса медикаментов и перевязочных средств. Компактность и мобильность сварочного оборудования позволяют транспортировать его в самых труднодоступных регионах, увеличивая доступность качественной медицинской помощи в местах катастроф или аварий [2]. Также технология сокращает время пребывания пострадавших в критическом состоянии перед доставкой в стационар, что повышает шансы на выживаемость и уменьшает нагрузку на транспортные и реанимационные службы.

Частыми травмами, с которыми сталкиваются специалисты МЧС при экстренных спасательных операциях, являются проникающие раны, разрывы мягких тканей, разрывы сосудов и повреждения внутренних органов вследствие аварий, обрушений и чрезвычайных происшествий. В подобных ситуациях быстрое и надежное остановленное кровотока часто становится главной задачей для спасателей-медиков, так как потери крови могут привести к критическому состоянию пострадавшего в считанные минуты.

В одном из задокументированных случаев спасатели МЧС применили технологию сварки живых тканей при ликвидации последствий крупной дорожно-транспортной аварии с множественными травмами у пострадавших. Использование сварочного аппарата позволило оперативно закрыть разрывы сосудов и мягких тканей, что сократило время оказания помощи с 40 минут при традиционном шитье до 15 минут. Быстрая герметизация ран способствовала снижению кровопотерь и стабилизации состояния пострадавших до доставки в стационар [2].

В одном из чрезвычайных происшествий, связанном с обвалом строительных конструкций, специалисты МЧС успешно применили сварку живых тканей для первичной хирургической помощи пострадавшим с травмами брюшной полости. Благодаря технологическому преимуществу сварочного оборудования (высокой точности и минимальному тепловому воздействию) удалось избежать развития ожогового поражения соседних тканей и предотвратить развитие инфекционных осложнений [3].

При ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, связанной с возгоранием и проливом химических веществ, технология сварки позволила обеспечить герметизацию ран в условиях ограниченной видимости и вентиляции, где традиционные методы наложения швов были затруднены из-за образования дыма и запаха при коагуляции. Отсутствие дыма при сварке значительно повысило безопасность работы медицинского персонала и уменьшило продолжительность процедуры [2].

Опыт применения сварки живых тканей в работе МЧС подтверждает снижение рисков послеоперационных осложнений, таких как воспаление и инфицирование раны, благодаря герметичности сварного шва и отсутствию инородных материалов в ране. Быстрая реабилитация пациентов даст возможность ускорить эвакуацию и снизить нагрузку на стационарные лечебные учреждения в кризисных ситуациях.

Практические примеры использования сварки живых тканей МЧС показывают, что данный метод позволяет эффективно устранять кровотечения и стабилизировать поврежденные органы непосредственно на месте происшествия, что обеспечивает быструю первичную хирургическую помощь и способствует улучшению исходов в чрезвычайных ситуациях. Это качество методики особенно востребовано в условиях, когда традиционные хирургические вмешательства невозможны в силу технических и организационных ограничений.

Перспективные направления развития направлены на совершенствование аппаратной базы и методик процедуры. В частности, ведётся работа над созданием более универсальных и компактных устройств с расширенными функциональными возможностями - интеграцией сенсорных систем контроля параметров сварки и улучшенными эргономическими свойствами для удобства применения в полевых условиях. Автоматизация и внедрение интеллектуальных алгоритмов позволят минимизировать участие оператора в контроле процесса, снижая человеческий фактор и повышая качество операций [1].

Дальнейшее исследование биофизических процессов, лежащих в основе сварки тканей, направлено на уменьшение теплового повреждения и усиление регенеративных свойств. Разработка новых режимов подачи энергии и усовершенствованных конструкций электродов позволит улучшить точность и безопасность технологии, расширить спектр её применения, в том числе для особо уязвимых тканей и органов с высокой функциональной нагрузкой. Это обеспечит более бережное отношение к биологическим структурам и ускорит восстановление пациентов [2].

Важной составляющей перспектив является интеграция сварки живых тканей в систему экстренной медицинской помощи МЧС. Высокая скорость проведения манипуляций, минимальные требования к расходным материалам и улучшенные показатели качества швов делают данный метод особенно актуальным при работе в экстремальных условиях – на месте происшествий, в труднодоступных районах и при массовых авариях [3].

Таким образом, технология сварки живых тканей демонстрирует значительный потенциал для оптимизации экстренной медицинской помощи в условиях чрезвычайных ситуаций. Её интеграция позволяет повысить оперативность, качество и безопасность хирургических вмешательств при травмах, что является важным шагом в развитии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Академик Борис Патон: Эверест в науке. Часть 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pravda.ru/science/1398144-paton>. – Дата доступа: 20.11.2025.
2. Применение сварки живых тканей для гемостаза при хирургических операциях (обзор) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-svarki-zhivyyh-tkaney-dlya-gemostaza-pri-hirurgicheskikh-operatsiyah-obzor>. – Дата доступа: 21.11.2025.
3. Сварка живых тканей. Новости сварки на Центр Сварки 21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://центр-сварки21.рф/news/svarka_zhivyykh_tkanej/2016-09-13-271. – Дата доступа: 22.11.2025.

НОРМАТИВНАЯ БАЗА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ВЕТРОСТОЙКОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РЕКЛАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Шудрик А.А., Лукашик Н.Н., Мартыненко Т.М.

Университет гражданской защиты

Наружные рекламные конструкции (НРК), в частности отдельно стоящие двусторонние билборды, представляют собой класс инженерных сооружений, характеризующийся уникальным сочетанием факторов, повышающих их уязвимость к ветровым воздействиям: значительной парусностью при относительно малой массе, низкой собственной частотой колебаний и, как правило, недостаточным конструкционным демпфированием. Традиционные методы расчета, фокусирующиеся на проверке статической прочности, зачастую неспособны выявить риски, связанные с динамическим откликом, такими как вихревой резонанс, галопирование и усталостное разрушение. Статистика аварийных случаев указывает, что значительная доля разрушений НРК происходит не при экстремальных, а при эксплуатационных скоростях ветра, что является прямым следствием неучтенных динамических эффектов. Данная проблема обостряется в условиях городской застройки, где турбулентность потока существенно возрастает. В этой связи возникает объективная необходимость в разработке и внедрении комплексной методологии оценки ветростойкости, основанной на синтезе требований различных нормативных документов, каждый из которых вносит вклад в решение.

Решается первичная задача определения расчетных нагрузок в соответствии с СТБ (СН)/ТКП Республики Беларусь. Устанавливают карты климатического районирования (ветровые районы I, II, III для Беларуси с $v_b = 27, 23, 19 \text{ м/с}$ соответственно). Определяют нормативные значения ветрового (w_0) и снегового (s_0) давления. Задают коэффициенты надежности (γ_f), сочетания нагрузок и общие принципы статического расчета. Определение нормативных параметров, согласно СТБ/ТКП, представляет собой лишь начальный этап в процессе обеспечения надежности НРК. Для практической реализации этих требований необходим четкий инженерный алгоритм, трансформирующий нормативные положения в последовательность расчетных и проверочных операций. Такой алгоритм должен обеспечить контроль на стадиях жизненного цикла конструкции – от проектирования до приемочных испытаний.

Предлагаемый алгоритм проектирования и экспертизы наружных рекламных конструкций (НРК) состоит из шести последовательных шагов

Алгоритм проектирования или экспертизы НРК включает следующие последовательные шаги:

1. Базовый статический расчет. Выполняется по СТБ (ТКП). Определяются сечения основных элементов, проверяется прочность и устойчивость, рассчитывается фундамент.

2. Контроль соответствия. Проверяется выполнение требований ГОСТ Р 56728-2015 по всем пунктам. Несоответствие – основание для отклонения проекта или требования доработки.

3. Верификация нагрузок. Производится параллельный расчет ветровой нагрузки по СП 20.13330.2016. Расхождения более 15% подлежат детальному анализу и обоснованию.

4. Предварительная динамическая оценка. Рассчитывается число Скрутона (S_c). Если материалы и конструкция типовые, принимается $\delta \approx 0,03 - 0,05$.

5. Принятие решения о детальном динамическом анализе. Если $S_c \geq 5$. Конструкция считается нечувствительной к динамическим эффектам. Расчет по CNR-DT 207 может не проводиться (за исключением особых случаев). Если $S_c < 5$. Требуется обязательный анализ по CNR-DT 207/2008.

На этом этапе:

- уточняются аэродинамические коэффициенты;
- проводится спектральный анализ или анализ на конкретные виды неустойчивости;
- формулируются рекомендации: увеличить массу, изменить сечение, установить демпферы (гасители колебаний) для достижения $S_c \geq 5$;
- формирование итогового заключения. Заключение должно содержать не только вывод о статической прочности, но и явную запись о значении числа Скрутона и, при $S_c < 5$, о выполненных дополнительных анализах или принятых мерах по обеспечению динамической устойчивости.

Предложенный многоуровневый подход к применению нормативной базы представляет собой системную методологию, направленную на принципиальное повышение безопасности наружных рекламных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-3.02-162-2009. Нагрузки и воздействия на строительные конструкции. – Введ. 2010-01-01. – Минск: Минстройархитектуры, 2009.
2. СТБ (СН) – Система нормативных документов Беларуси.
3. CNR-DT 207/2008 – Итальянские рекомендации по оценке ветровых воздействий на конструкции.
4. СП 20.13330.2016 – Российские нормы нагрузок и воздействий.
5. ГОСТ Р 56728-2015 – Российский стандарт на рекламные конструкции.

К ВОПРОСУ О ГОСУДАРСТВЕННОМ УПРАВЛЕНИИ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Малаш Н.И., Юхнель Е.А.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

Сегодня каждый гражданин Республики Беларусь трудовую деятельность, работая в различных организациях, на предприятиях, в фирмах или компаниях. Но организация работы предприятия – это достаточно сложная система взаимосвязанных мероприятий и процессов, направленных на эффективное функционирование и управление ресурсами предприятия для достижения его целей. Поэтому для организации процесса предпринимателю или руководству организации необходимо затрачивать большое количество ресурсов, а вот государству – регулировать работу предприятий путём принятия законов и нормативных актов, которые определяют трудовые и экологические отношения, а также тех, которые занимаются охраной труда и защищают права работников. Что же мы понимаем под «охраной труда»? Какими законодательными актами регулируется данная сфера? И каким образом осуществляется государственное управление охраной труда на предприятиях Республики Беларусь?

Безопасность и устойчивость развития общества – два взаимосвязанных понятия, которые лежат в основе выбора путей развития каждого государства. Наиболее оптимальные решения невозможны без анализа и учета исторического опыта развития отдельной страны и других государств.

Исторический опыт любого государства дает возможность смело смотреть в будущее. Это относится и к охране труда, которая направлена на защиту человека от опасных и вредных факторов на производстве [6].

Развитие охраны труда берет начало ещё в далёкие 1830-е годы. Именно тогда, после отмены действия Статута Великого княжества Литовского 1588 года, развивается регулирование трудовых отношений через законодательство

Российской империи. Уже в то время и начинает развиваться понятие об охране труда.

Сегодня же о травматизме на рабочем месте мы слышим часто, так как безопасность выполнения трудовых поручений зависит не только от работодателя, но и от самого рабочего, его уровня подготовки, профессионализма. Для этого законодательство изменяется ежегодно, создавая всё более оптимальные условия для комфортного выполнения своих должностных обязанностей. И сегодня мы это видим в таких законодательных актах, как Конституция Республики Беларусь, Трудовой кодекс Республики Беларусь, Закон Республики Беларусь «Об охране труда» от 23 июня 2008 г. № 356-З и др.

Прежде чем говорить о государственном управлении охраной труда необходимо выяснить, что же такое охрана труда. Охрана труда – система обеспечения безопасности жизни и здоровья работающих в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-противоэпидемические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства [4].

Трудно переоценить роль охраны труда на современном этапе развития производства. Ведь несчастные случаи приводят к значительным производственным потерям и материальному ущербу. А охрана труда и снижение производственного травматизма – необходимые условия стабильной работы организации. Только при осуществлении принципа охраны жизни, здоровья и трудоспособности работника предприятие сможет развиваться успешно [1].

Статья 41 Конституции Республики Беларусь гарантирует гражданам Республики Беларусь право на труд как наиболее достойный способ самоутверждения человека, т.е. право на выбор профессии. Также в Конституции упоминается про право на отдых, охрану здоровья и социальное обеспечение. А значит, что в самом главном законе государства предусматривается тот факт, что охрана труда – важный критерий развития социально-экономического развития нашего государства [2].

В Трудовом кодексе Республики Беларусь глава 16 посвящена охране труда. В нём дано определение охраны труда, гарантируется право на рабочее место, на обучение безопасным методам и приёмам труда, на обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты [7].

В систему законодательных актов, регулирующих вопросы охраны труда в Беларуси, входят также отдельные законы Республики Беларусь.

Закон «Об охране труда» направлен на реализацию права граждан на здоровые и безопасные условия труда, закреплённые в Конституции Республики Беларусь.

Закон Республики Беларусь от 05.01.2004 № 262-З «О техническом нормировании и стандартизации» устанавливает правоотношения в области стандартизации, определяет нормативные документы по стандартизации, а

также устанавливает государственный надзор за выполнением требований стандартов и строительных норм [5].

Но эти законодательные акты регулируют не все трудовые отношения. Они являются основными источниками, из которых возникают отношения между работником и нанимателем. А к нормативно-правовым актам по охране труда относятся нормы, правила, инструкции, системы стандартов безопасности. Они делятся на межгосударственные, государственные (межотраслевые и отраслевые), локальные.

Говоря о государственном управлении в области охраны труда, стоит затронуть её принципы, методы осуществления и курирования. Целью государственной политики в области охраны труда является сохранение жизни и здоровья граждан в процессе трудовой деятельности.

Основными принципами государственной политики в области охраны труда являются:

- 1) приоритет жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности;
- 2) обеспечение гарантий права работников на охрану труда;
- 3) установление обязанностей всех субъектов правоотношений в области охраны труда, полной ответственности работодателей за обеспечение здоровых и безопасных условий труда;
- 4) совершенствование правоотношений и управления в этой сфере, включая внедрение экономического механизма обеспечения охраны труда.

Государственное управление в области охраны труда осуществляют Президент Республики Беларусь, Правительство Республики Беларусь, республиканские органы государственного управления и иные государственные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь, местные исполнительные и распорядительные органы в пределах своей компетенции.

Правительство Республики Беларусь обеспечивает проведение единой государственной политики в области охраны труда, организует разработку республиканских целевых программ по улучшению условий и охраны труда, осуществляет иные полномочия в этой области в соответствии с Конституцией Республики Беларусь, Законом «Об охране труда», иными законами и Указами Президента Республики Беларусь.

Республиканские органы государственного управления и иные государственные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь, осуществляют такие функции, как государственное управление охраной труда на отраслевом уровне; разработку и реализацию отраслевых целевых программ по улучшению условий и охраны труда; организацию обучения и проверки знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов; информационное обеспечение организаций по вопросам охраны труда; международное сотрудничество по вопросам охраны труда и др.

Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь помимо вышеупомянутых полномочий организует осуществление надзора за соблюдением законодательства об охране труда; организует создание и

актуализацию банка данных результатов аттестации рабочих мест по условиям труда; ведет государственную статистику по вопросам условий и охраны труда и др. [3].

Велика также роль в государственном регулировании в области охраны труда местных исполнительных и распорядительных органов. Они осуществляют государственное управление охраной труда на территориальном уровне; разработку и реализацию территориальных целевых программ по улучшению условий и охраны труда; анализ причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в организациях, разработку и реализацию мер по их профилактике и др.

Таким образом, государственное управление в области охраны труда в Республике Беларусь представляет собой многоуровневую и комплексно организованную систему, направленную на обеспечение безопасных и здоровых условий труда для всех работников. Ключевая цель этой системы – минимизация производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, сохранение жизни и здоровья трудящихся.

Важную роль в этом процессе играют нормативное регулирование и разработка законопроектов. Помимо законов, нормативная база включает в себя многочисленные технические регламенты, правила и нормы, стандарты безопасности, санитарные нормы и правила, гигиенические нормативы, устанавливающие требования к конкретным видам деятельности, оборудованию, производственным процессам и условиям труда. Эти документы постоянно пересматриваются и обновляются с учетом развития технологий и передового опыта в области охраны труда.

В заключение отметим, что государственное управление в области охраны труда в Беларуси — это сложный и многогранный процесс, требующий постоянного совершенствования и адаптации к изменяющимся условиям. Реализация комплексного подхода, включающего совершенствование законодательства, усиление контроля и надзора, повышение культуры охраны труда, внедрение современных технологий и развитие социального партнерства, позволит обеспечить безопасные и здоровые условия труда для всех работников и снизить уровень производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Охрана труда: учеб. / В. Г. Андруш, Л.Т. Ткачёва, К.Д. Яшин. – Минск: РИПО, 2019. – 333 с.
2. Конституция Республики Беларусь: с изм. и доп., принятыми на Респ. референдумах 24 нояб. 1996 г., 17 окт. 2004 г. и 27 февр. 2022 г. – Минск : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2022. – 80 с.
3. Лазаренков, М.А. Курс лекций по дисциплине «Охрана труда» / А.М. Лазаренков, Ю.Н. Фасевич. – Минск: БНТУ, 2019. – 174 с.

4. Об охране труда: Закон Респ. Беларусь от 23 июня 2008 г. № 356-З : в ред. от 12 июля 2013 г. № 61-З : с изм. и доп. от 17 июля 2023 г. № 300-З // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 01.12.2025).
5. О техническом нормировании и стандартизации: Закон Респ. Беларусь от 5 янв. 2004 г. № 262-З : в ред. от 24 окт. 2016 г. : с изм. и доп. от 28 июня 2024 г. № 15-З // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=h10400262> (дата обращения: 01.12.2025).
6. Становление и развитие охраны труда в республике Беларусь: монография Т. В. Глушенок. – Гомель: Бел. торгово-экон. ун-т потребит. кооперации, 2017. – 4 с. – URL: <http://lib.i-bteu.by/bitstream/handle/22092014/2634/Глушенок%20Т. В. pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 01.12.2025).
7. Трудовой Кодекс Республики Беларусь: 26 июля 1999 г. № 296-З: принят Палатой представителей 8 июня 1999 г.: одобр. Советом Респ. 30 июня 1999 г.: по сост. на 1 дек. 2025 г. – Минск: Акад. МВД, 2025. – 175 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ СОЗДАНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАСЧИСТКИ ЗАВАЛОВ В ЗОНЕ ОБРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Минько Д.В.¹, Карней Ф.С.²

¹Университет гражданской защиты

²Белорусский национальный технический университет

Аварийно-спасательные работы в зонах обрушения зданий и сооружений представляют собой одну из сложных и опасных задач, связанную с демонтажом железобетонных конструкций. Эффективность и скорость производства работ напрямую связаны с применяемыми методами демонтажа и созданными с их использованием технологиями, и конструкциями оборудования.

Для разрушения железобетонных строительных конструкций существует несколько основных методов, которые применяются в зависимости от их типа и особенностей. К наиболее эффективным из них можно отнести методы, использующие:

- средства механизации, к которым относятся различные виды спецтехники – краны, экскаваторы, грузоподъемное и транспортное оборудование, гидроножницы и гидромолоты;
- энергию давления гидравлической жидкости, гидро- или электрогидроудар, гидрорасклинивание;
- резку и бурение твердосплавным и алмазным инструментом, струей жидкости, гидроабразивной струей;
- энергию взрывчатых веществ;

- перепад температур, возникающий в результате лучевого, омического или индукционного нагрева;
- различные химические процессы.

Перспективный метод резонансного разрушения до сих пор находится в экспериментальной стадии разработки в связи с нерешенной проблемой неопределенности выбора соотношения между собственной частотой разрушаемых конструкций и вынуждающей частотой колебаний вибрационных систем оборудования при резонансе.

Выбор методов демонтажа зависит от многих факторов, таких как конструктивные особенности сооружения, фактическое месторасположение, инфраструктура, размещение технических коммуникаций, стоимость работ и т. п. Анализ традиционных технологий демонтажа строительных, в том числе железобетонных конструкций [1] показывает множество недостатков, таких как трудоёмкость, привлечение больших человеческих ресурсов, затраты на обеспечение безопасности производства работ, негативное ударное воздействие на фундаменты и основания близлежащих зданий и сооружений, высокий уровень шума, вибрации и запыленности и др.

Поэтому новые технологии и оборудование для экологичного, безопасного и быстрого демонтажа строительных конструкций в настоящее время получили широкое распространение и стремительно развиваются.

Цель исследования - анализ перспектив применения электродинамического эффекта при создании аварийно-спасательного оборудования для расчистки завалов в зоне обрушений железобетонных конструкций.

Предлагаемый метод электродинамического разрушения основан на использовании электродинамических сил Лоренца, возникающих при взаимодействии магнитных полей двух параллельных проводников с током [2]. При пропускании тока в одном направлении проводники притягиваются, при пропускании в противоположных направлениях - отталкиваются. При пропускании единичных импульсов тока через одновитковый индуктор, представляющий собой две параллельно расположенные медные шины, в них возникают электромагнитные поля, направленные на отталкивание шин друг от друга. Если при этом поместить такие шины в паз или отверстие, созданное в каком-либо объекте из непроводящего хрупкого материала, например, бетона, или передать возникающую механическую энергию через жесткое промежуточное тело (оснастку), то формируемые силы отталкивания при воздействии на площадь контакта с индуктором создадут импульс давления, позволяющий разрушать такой объект (рисунок 1).

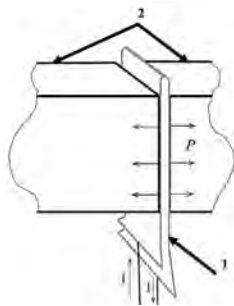


Рисунок 1 – Схема применения электродинамического эффекта:
 1 – одновитковый индуктор; 2 – разрушаемый объект;
 I – направление протекания тока; P – создаваемое давление [3]

Импульсы электрического тока, формируемые с помощью специального генератора, должны иметь длительность 10^{-4} – 10^{-2} с и амплитуду до 10^3 – 10^6 А и способны сформировать импульсы давления между шинами индуктора амплитудой до 1 ГПа, превышающие напряжения разрушения таких материалов как бетон и камень [3]. Высокая амплитудная плотность тока в индукторе, достигающая до 1 кА/мм², не приводит к его нагреву за счёт кратковременности импульса и составляет не более 1 °С за один импульс [4].

Для создания импульсов давления, возникающих в одновитковом индукторе, предполагается использование генератора импульсов электрического тока с напряжением на выходе до 1000 В, питание которого может осуществляться с помощью источника переменного однофазного тока напряжением 220 В. Т. к. для предотвращения потерь энергии в проводниках силовой цепи генератор импульсов электрического тока необходимо размещать в непосредственной близости от разрушаемого объекта, то питающий его генератор напряжением 220 В может располагаться на некотором расстоянии в спасательном автомобиле.

Расчеты показывают, что по сравнению с применяемыми методами, использующими энергию давления гидравлической жидкости, метод электродинамического разрушения обладает повышенной энергоэффективностью за счет создания кратковременных мощных импульсов давления, преобразуемых в механическую работу с КПД более 80 % и производительностью 1-20 импульсов в минуту [5]. Точность дозирования энергии разрушения легко обеспечивается регулированием плотности тока в импульсе и количеством импульсов, пропускаемых через инструмент, создавая условия для проведения аварийно-спасательных работ.

Оборудование, созданное для применения метода электродинамического разрушения, может вручную транспортироваться к разрушаемому объекту. Масса индуктора не превысит 1 кг, предполагаемая масса генератора импульсов электрического тока – не более 50 кг.

По сравнению с механическими инструментами ударного и режущего действия оборудование для реализации метода электродинамического разрушения не создаст постоянного звукового давления, вибрации,

запыленности и не требует расходных материалов и дефицитных дорогостоящих компонентов.

Применение электродинамического эффекта в аварийно-спасательном оборудовании позволит получить целый ряд очень важных преимуществ, к которым в первую очередь следует отнести:

1) пониженное напряжение на индукторе (единицы или десятки вольт), обеспечивающее надежную электробезопасность при эксплуатации;

2) возможность получения разнообразных по форме и амплитуде импульсов давления с помощью простых и технологичных конструкций одновитковых индукторов;

3) значительно более высокая по сравнению с большинством типов аварийно-спасательного оборудования производительность, определяемая малой длительностью и высокой частотой следования импульсов электрического тока через индуктор;

4) универсальность оборудования, заключающаяся в использовании одной установки с комплектом легкоъемных одновитковых индукторов для различных типоразмеров пазов и отверстий в разрушаемых объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спаена, М. Экологичные способы демонтажа железобетонных конструкций / М. Спаена, И.И. Овчинников // Вестник Евразийской науки. – 2021. – № 3. – Т. 13. <https://esj.today/PDF/28SAVN321.pdf>.
2. Пановский, В.К.Г. Классическая электродинамика / В.К.Г. Пановский, М. Филипс ; Перевод с англ. В.П. Быкова ; Под ред. С.П. Капицы. – Москва: Физматгиз, 1963. – 432 с.
3. Krivosheev, S.I. Fracture Energy of Materials Exposed to Pulse Action / S.I. Krivosheev, S.G. Magazinov // Universal Journal of Physics and Application. – 2016. – V. 10 (6). – P. 181–189. DOI: 10.13189/ujpa.2016.100601.
4. Минько, Д.В. Конечно-элементный анализ напряжений и температур в одновитковом индукторе при магнитно-импульсном разделении хрупких материалов / Д.В. Минько, Ф.С. Карпей // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки «Технология – Оборудование – Инструмент – Качество» : тезисы докл. междуна. науч.-техн. конф., г. Минск, 11 апреля 2024 г. / редкол.: В.К. Шелег (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Бизнесофсет, 2024. – 72 с.
5. Юсупов, Р.Ю. Энергетические установки для магнитно-импульсной обработки материалов : монография / Р.Ю. Юсупов, В.А. Глушченков. – Самара : Издательский дом «Федоров», 2013. – 128 с.

ОГНЕСТОЙКИЕ КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ: БАЛАНС МЕЖДУ ЛЁГКОСТЬЮ, ПРОЧНОСТЬЮ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ.

Печко К.Е., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

Пожарная безопасность сегодня — это не только огнетушители и сигнализация, но и высокотехнологичные материалы, из которых изготавливается оборудование, спасающее жизни. Если еще пару десятилетий назад в приоритете были металлические корпуса, то сегодня все чаще на первый план выходят инновационные полимеры и композиты. Они делают устройства легче, долговечнее и безопаснее, что особенно важно в условиях повышенного риска.

Еще недавно пожарное оборудование ассоциировалось с тяжелыми металлическими баллонами, массивными шкафами и громоздкими корпусами, однако технологический прогресс привел к тому, что в этой сфере уверенно заявили о себе полимеры - материалы нового поколения, способные сочетать легкость и прочность. Современные пластики дают производителям ряд преимуществ [1]:

- минимальный вес, что облегчает транспортировку и эксплуатацию оборудования;
- устойчивость к коррозии и агрессивным средам;
- хорошие диэлектрические свойства, исключаящие риск короткого замыкания;
- возможность формовки корпусов сложной конфигурации;
- снижение себестоимости без потери прочностных характеристик.

Типичная структура огнестойкого композита включает несколько компонентов. Полимерная матрица на основе фенольных, эпоксидных или бензоксазиновых смол обеспечивает связывание всех элементов. Армирующие волокна из стекла, углерода или арамида придают механическую прочность. Антипирены в виде гидроксидов металлов, фосфорных или азотсодержащих соединений обеспечивают огнезащиту. Дополнительные наполнители, такие как минеральные порошки, улучшают термостабильность [2].

Композитные материалы на основе стекловолокна или углеродного волокна стали настоящим технологическим прорывом в сфере пожарной техники. Благодаря уникальному сочетанию малой массы и высокой механической прочности они идеально подходят для эксплуатации в экстремальных условиях. Особенно ярко это проявляется в таких изделиях, как баллоны для огнетушителей и дыхательные аппараты пожарных: замена металла на композиты позволила почти вдвое снизить их вес, одновременно повысив устойчивость к деформациям и внутреннему давлению. Это критически важно при тушении пожаров, где каждая секунда и каждый

килограмм снаряжения влияют на мобильность и оперативность спасателей. Кроме того, композиты не подвержены коррозии, стойки к ультрафиолетовому излучению и сохраняют свои эксплуатационные свойства даже при резких перепадах температур [1].

Основу огнестойких композитов составляют термореактивные связующие, преимущественно фенольные смолы, которые при нагревании не плавятся, а образуют прочный углеродный каркас, который формирует теплоизоляционный барьер с теплопроводностью, близкой к воздуху. Этот процесс называется коксообразованием и является ключевым механизмом огнезащиты. Содержание антипиренов в таких материалах варьируется от 5 до 15 процентов в зависимости от требуемого класса огнестойкости [2].

Огнестойкие композиты не просто горят медленнее обычных материалов. Они способны к самозатуханию после удаления источника огня, выделяют минимальное количество дыма и токсичных продуктов горения, что критически важно для эвакуации людей.

При температуре около 330 °С гидроксид магния начинает разлагаться с выделением водяного пара. Этот процесс требует значительных затрат энергии, поглощая до 1250 Дж на грамм материала. Образующийся пар охлаждает поверхность композита и разбавляет горючие газы, препятствуя распространению пламени. Гидроксид алюминия работает по аналогичному принципу, но разлагается при более низкой температуре около 220 °С. Это делает его подходящим для композитов, перерабатываемых при умеренных температурах. Содержание этих антипиренов в композите может достигать 40–70 % для обеспечения высокой степени защиты [2].

Некоторые огнестойкие композиты содержат вспучивающиеся добавки, которые при нагревании увеличивают объем покрытия в 20–50 раз. Образующийся пенококс обладает низкой плотностью и теплопроводностью, создавая мощный теплоизоляционный слой. Такие системы включают источник углерода, кислотный катализатор и газообразующий агент [2].

Переход к использованию полимеров и композитов – это не просто смена материалов, а новая философия безопасности. Легкие, прочные и устойчивые к агрессивным факторам материалы делают пожарное оборудование надежнее, доступнее и долговечнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные пластики и композиты для пожарного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mplast.by/novosti/2025-10-23-sovremennye-plastiki-i-kompozity-pozharnoe-oborudovanie>. – Дата доступа: 14.11.2025.
2. Огнестойкие композиты, композиты с пониженной горючестью, фенольные смолы, антипирены [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inner.su/articles/ognestoykie-kompozity-kompozity-s-ponizhennoy-goryuchestyu-fenolnye-smoly-antipireny-5-15-vspuchivayu>. – Дата доступа: 14.11.2025.

АБРАЗИВНЫЙ И КОРРОЗИОННЫЙ ИЗНОС ФОРСУНОК В СРЕДСТВАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Савонь Д.Д., Минько Д.В.

Университет гражданской защиты

Форсунки являются критически важными элементами пожаротушения, отвечающими за формирование и распределение огнетушащего вещества, обеспечение их надежности и эффективности напрямую влияет на безопасность людей и сохранность имущества. В процессе эксплуатации форсунки подвергаются абразивному и коррозионному износу, эти процессы приводят к изменению геометрических параметров сопел и каналов, что нарушает гидравлические характеристики и может значительно снизить эффективность тушения пожара.

Цель исследования – оценить влияние абразивного и коррозионного износа на технические характеристики форсунок систем пожаротушения, а также выявить и обосновать наиболее эффективные способы борьбы с данными видами износа для повышения их эксплуатационной стойкости.

Абразивный износ — это вид изнашивания, при котором частицы твердого абразивного материала царапают, трут или врезаются в поверхность другого, более мягкого материала, постепенно удаляя его частицы. Абразивными частицами могут быть минералы, пыль, песок, фрагменты металла или другие твердые элементы. Факторы, влияющие на абразивный износ: твердость, и форма абразивных частиц, свойства смазочного материала, скорость и характер нагрузки, наличие и концентрация абразива в окружающей среде (пыль, грязь) или в жидкости, а также влажность [1].

Коррозионный износ – это разрушение материала, вызванное одновременным воздействием механического износа (трение, эрозия) и химической или электрохимической коррозии. Факторы, ускоряющие коррозионный износ: воздействие влаги и кислорода, электрохимические процессы, высокие температуры, присутствие солей и агрессивных химикатов, механическое повреждение, контакт с другими металлами и микроорганизмы. Эти факторы – идеальные условия для химических и электрохимических реакций, разрушающих металлическую поверхность [1].

Абразивный и коррозионный износ форсунок влияет на множество аспектов работы пожарного оборудования, приводя к снижению производительности, длины подачи струи, изменение формы сечения струи, росту эксплуатационных расходов и возникновению аварийных ситуаций.

Форсунка (насадок) в пожарном стволе находится на его выходном конце, ее предназначение в средствах пожаротушения это охлаждение и защита объектов, тушение пожаров, контроль расхода и напора, создание пены, формирование струи (компактную и распыленную).

Форсунки пожарных стволов изготавливают из прочных и устойчивых к коррозии материалов, которые должны выдерживать высокое давление воды и воздействие агрессивных сред. Основные материалы изготовления форсунок – это латунь, нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы, сплавы на основе кобальта [2]. Выбор материала форсунок зависит от типа пожарного ствола и условий эксплуатации. Использование прочных и коррозионностойких материалов является критически важным для обеспечения надежности и эффективной работы форсунок в экстремальных условиях.

Абразивный износ разрушает поверхности форсунки из-за трения твердых частиц, находящихся в воде, а коррозионный износ вызывает окисление и разрушение материала форсунки из-за воздействия химических примесей. Оба типа износа приводят к ухудшению качества распыления воды. Влияние на детали и оборудование проявляется в снижении прочности и надежности форсунок, ухудшении качества рабочих поверхностей, разрушении несущих элементов. В результате износа ухудшаются характеристики и снижается производительность оборудования для пожаротушения, из-за увеличения диаметра сопла увеличивается расход жидкости. Также увеличиваются затраты на ремонт, замену и защиту от коррозии.

Борьба с абразивным и коррозионным износом включает применение различных методов, направленных на защиту поверхности материалов от механических повреждений и химического воздействия. Выбор конкретного способа зависит от типа материала, условий эксплуатации и бюджета. Методы защиты пожарных стволов от абразивного износа включают как превентивные меры на этапе эксплуатации, так и конструктивные решения и использование износостойких материалов. Основная задача этих методов – предотвратить попадание абразивных частиц в систему пожаротушения: использование чистых источников воды, соблюдение правил эксплуатации, регулярное техническое обслуживание и промывка. Также эти методы направлены на повышение устойчивости самого ствола к разрушающему воздействию: выбор износостойких материалов, нанесение защитных покрытий, оптимизация конструкции. Комплексное применение этих методов позволяет значительно продлить срок службы пожарных стволов и обеспечить их надежную работу в критических ситуациях. Методы защиты пожарных стволов от коррозионного износа направлены на предотвращение электрохимического или химического разрушения металла под воздействием воды, пенообразователей и других агрессивных сред. Основные методы защиты включают: выбор коррозионностойких материалов, нанесение защитных покрытий, снижение агрессивности среды и эксплуатационные меры. Комплексный подход, сочетающий выбор правильных материалов, применение защитных покрытий и надлежащее обслуживание, обеспечат долговечность и надежность пожарных стволов.

Для обеспечения максимальной эксплуатационной стойкости форсунок необходим комплексный подход. Наиболее эффективными являются способы, работающие против обоих видов износа одновременно:

1 способ. Применение керамических или композитных покрытий на критических внутренних поверхностях (сопла, каналы). Керамика обладает исключительной твердостью и химической инертностью, Покрытие внутренних поверхностей форсунки тонким слоем керамики создает барьер, который одновременно защищает от абразива и от коррозии. Это решение обеспечивает максимальную локальную защиту там, где воздействие износа наиболее интенсивно.

2 способ. Внедрение многоступенчатой системы фильтрации подаваемой воды. Этот метод является превентивным и устраняет первопричину абразивного износа - твердые частицы. Фильтрация предотвращает попадание песка, ржавчины и окалины в тонкие каналы форсунки. Хотя фильтрация не защищает от химической коррозии, она значительно снижает эрозионную составляющую износа и повышает общую чистоту системы, что минимизирует риски закупорки и повреждения внутренних механизмов форсунки.

Вывод: наиболее эффективным решением, повышающим надежность и долговечность оборудования, является сочетание защитных покрытий и многоступенчатой фильтрации воды, что обеспечивает долговечность форсунок, снижает эксплуатационные расходы и гарантирует надежную работу пожарных стволов в экстремальных условиях. Если выбирать один из двух способов, то применение керамических защитных покрытий имеет большее количество преимуществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жарский, М.И. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования: учеб. пособие / М.И. Жарский [и др.] - Минск: Высшая школа, 2012. - 303 с. - ISBN 978-985-06-2029-3.
2. Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 2020 г.) / [редкол.: И.И.Полевода и др.]. - Минск: Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, 2020. – 356 с.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ СПАСАТЕЛЕЙ

Селивончик В.О., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

Современные угрозы – от техногенных аварий до природных катастроф требуют от спасательных подразделений высокой мобильности, способности быстро адаптироваться к изменяющейся обстановке и активно использовать передовые технологии. Одним из перспективных направлений в этом контексте становятся аддитивные технологии – 3D-печать, способная значительно

ускорить реагирование, повысить автономность подразделений и в целом увеличить эффективность спасательных операций.

Особенно востребованной 3D-печать оказывается при быстром производстве запасных частей и нестандартного оборудования. В условиях ликвидации последствий паводков, лесных пожаров или крупных аварий техника МЧС подвергается экстремальным нагрузкам, и даже мелкая поломка может вывести из строя жизненно важный агрегат. Портативные 3D-принтеры, развёрнутые прямо на месте происшествия, позволяют изготовить необходимую деталь: от корпуса прибора до крепёжного элемента за считанные часы, обеспечивая непрерывность работы спасательной техники и снижая зависимость от заранее сформированных, но далеко не всегда полных запасов. Подобные решения уже успешно применяются в других странах, и их интеграция в белорусскую систему реагирования представляется логичным шагом, особенно при комплектации мобильных пунктов технического обеспечения на базе специализированных автомобилей.

Современные беспилотные летательные аппараты, например, «Геоскан» или DJI Matrice в сочетании со спутниковыми данными позволяют оперативно строить точные цифровые модели местности. Эти модели можно напечатать в трёхмерном виде, создав физический рельефный макет, который гораздо нагляднее плоской карты или даже экранного изображения. На объёмной модели легко выявить проблемные участки местности, что очень важно для безопасной эвакуации населения и планирования маршрутов продвижения спасательных групп [1].

Не менее значим потенциал 3D-печати и в медицинской поддержке. Мобильные медпункты МЧС часто оказываются в изоляции: при массивных ДТП на трассах, при авариях на промышленных объектах или в ходе ликвидации последствий стихийных бедствий. В таких условиях особенно остро ощущается нехватка индивидуализированных медицинских изделий. С помощью компактного принтера можно за короткое время создать точную шину или ортез, идеально повторяющий анатомию пострадавшего, что снижает риск вторичных травм при транспортировке. Мировая практика уже демонстрирует высокую эффективность таких решений: в Италии во время пандемии добровольцы за несколько часов создали адаптеры для ИВЛ [2], а в США и Польше массово печатали детали для респираторов и многоразовые щитки. В Беларуси для развития этого направления есть все предпосылки: развитое IT-сообщество, университетские лаборатории, а также растущее число принтеров в медучреждениях.

Несмотря на очевидные преимущества такие как рост автономности, экономия ресурсов и сокращение времени реагирования при внедрении 3D-печати в систему МЧС можно столкнуться с рядом ограничений. Прежде всего, это вопрос прочности применяемых термопластиков. Во-вторых, технология требует от персонала дополнительных компетенций: оператор должен уметь не только обслуживать принтер, но и работать с CAD-программами, понимать инженерные нагрузки и быстро адаптировать или создавать модели под

текущую задачу. В-третьих, полевые условия – это нестабильное электропитание, пыль, влага и перепады температур, которые негативно влияют на качество печати.

Таким образом, 3D-печать представляет собой перспективный инструмент повышения оперативности, автономности и эффективности спасательных операций МЧС Республики Беларусь. Несмотря на существующие технические и организационные ограничения, её потенциал в условиях чрезвычайных ситуаций очевиден. Успешное внедрение требует не только технического оснащения, но и разработки методических рекомендаций, подготовки квалифицированных кадров и формирования нормативно-правовой базы. При грамотной интеграции аддитивные технологии могут стать неотъемлемой частью «умной» системы реагирования на ЧС в XXI веке.

ЛИТЕРАТУРА

1. 3D цифровые модели с помощью беспилотников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/stati/3d-tsifrovye-modeli-s-pomoshchyu-bespilotnikov>. – Дата доступа: 19.11.2025.
2. Как волонтеры напечатали на 3D-принтере детали для аппаратов ИВЛ в Италии / BBC News Русская служба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/news-51951533>. – Дата доступа: 19.11.2025.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Кравцов А.Г.¹, Старосто Р.С.²

¹ Национальная академия наук Республики Беларусь

² Университет гражданской защиты

В процессе трудовой деятельности и в бытовых условиях люди из-за личной неосторожности получают травмы. Наибольший уровень травматизма отмечается у мужчин, имеющих возраст 20 - 49 лет, а у женщин – 30 - 59 лет. Вместе с тем, отмечается, что травматизм у мужчин выше во всех возрастных группах.

Ежегодно по данным Всемирной организации здравоохранения в мире в результате травм и несчастных случаев погибает более пяти миллионов человек, что составляет примерно 9 % от общего числа смертей, а сам травматизм является одной из основных причин в структуре экономических потерь. Следует отметить, что более 70 % смертности от внешних причин приходится на трудоспособный возраст.

Состояние охраны труда требует принятия мер на государственном уровне, поскольку касается практически всех видов экономической деятельности, охватывает весь производственный потенциал и существенно влияет на устойчивое экономическое развитие государства.

Обеспечение безопасности является одной из приоритетных в существовании любого государства. Самые разные сферы жизни общества непосредственно затрагиваются ею. Поэтому соблюдению правил пожарной безопасности в целях защиты жизни и здоровья работников, сохранения государственного имущества должно уделяться особое внимание.

Анализ причин, приводящих к несчастным случаям, проведенный за январь-декабрь 2024 года показывает, что наибольшее количество несчастных случаев происходят по организационным причинам – от 17,6 до 21,1 %, невыполнения руководителями и специалистами обязанностей по охране труда – 14,8 - 15,5 %, также по личной неосторожности потерпевшего - 0,5 – 9,6 %. С учетом постоянного совершенствования технических систем травматизм составляет 0,7 – 0,8 %, несовершенства, несоответствия технологического процесса требованиям по охране труда - 1,1 - 1,2 %. Отсутствие, некачественная разработка проектной документации приводит к тому, что возникают травмы в 0,5 - 1,7 % случаев. На практике бывают случаи эксплуатации неисправных машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств, которые составляют 1,6 - 2,3 %, а также требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента приводящие к 2,9 - 4,3 % травм.

В то же время имеются случаи неудовлетворительного содержания и недостатки в организации рабочих мест, приводящие к травмам в 4,5 - 4,8 % случаев.

Следовательно, обеспечение безопасности объектов с на сегодняшний день является актуальным вопросом обеспечения безопасности людей и объектов в целом.

Исходя из текущего состояния охраны труда на основании отчета о функционировании Системы устанавливаются цели в области ОТ. Цели должны быть направлены на усовершенствование Системы, реализацию политики в области ОТ и решением вопросов, связанных с устранением (снижением) «неприемлемых», «высоких» и «умеренных» рисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. День профилактики травматизма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bsmu.by/page/3/5546/> – Дата доступа: 02. 12. 2025.
2. Официальный сайт Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/ru> - Дата доступа: 02. 12. 2025.

СВАРКА И ЕЁ РАЗНОВИДНОСТИ В ПОЖАРНОМ ДЕЛЕ

Судиловский Д.С., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

На сегодняшний день существует множество видов сварки, технологий и областей её применения. Благодаря возможности соединять металлы друг с другом мы можем создавать однородные детали большой площади, которые невозможно целиком изготовить на станке или выпустить из-под пресса. Сварка является важнейшим компонентом мировой промышленности, и её использование напрямую влияет на экономическую безопасность страны.

Качество и правильный подбор материалов, качество сварочного шва, сделанного мастером, а также выбор определённого вида сварки, необходимого для того или иного процесса, влияют и на пожарную безопасность. Для создания различных швов применяются разные виды сварки. Во многих случаях главным критерием сварочного шва является не столько прочность, сколько его герметичность. При этом в других ситуациях ключевую роль играет именно прочность, а в-третьих, шов обязательно должен быть жаропрочным. Как мы знаем, металл при высокой температуре расширяется, и при неправильном выборе сварочного шва и технологии его наложения можно получить деталь недостаточной прочности.

Теперь рассмотрим более детально, где применяются швы, главными критериями для которых являются герметичность, прочность и жаростойкость, и приведём примеры.

В пожарном деле высокую, даже ключевую роль, играют пожарные автомобили. Ёмкости, в которых привозится вода – цистерны, они должны обладать абсолютной герметичностью. Однако, изготовить цистерну объёмом 5, 10 или 12 т в виде параллелепипеда методом цельного литья или на станке не представляется возможным [1]. Поэтому её сваривают из отдельных компонентов, и чтобы шов был идеальным и не допускал никаких потерь жидкости, применяют вид сварки, называемый автоматической сваркой под флюсом. Этот процесс идеален для таких задач, так как сварка происходит под слоем флюса, который надёжно защищает расплавленный металл от воздуха, предотвращая образование пор и обеспечивая исключительную однородность и плотность шва. Помимо герметичности, этот метод обеспечивает высокую производительность при изготовлении больших и длинных прямолинейных швов, что критически важно для сборки крупногабаритных цистерн. Получаемое соединение не только абсолютно герметично, но и обладает высокой прочностью, что позволяет емкости выдерживать динамические нагрузки при движении автомобиля.

То же самое касается ёмкостей для топлива на автомобильных заправочных станциях. Их швы должны быть абсолютно герметичными и устойчивыми к коррозии, поскольку утечка топлива может привести к

серьёзным последствиям. Ёмкости, устанавливаемые на прицепах грузовых автомобилей для перевозки горючих жидкостей (таких как бензин, нефть, дизельное топливо и так далее), также должны быть абсолютно герметичными, чтобы ничто не могло попасть внутрь цистерны, а также, чтобы топливо не просачивалось наружу.

Также немаловажным критерием сварочных швов является их прочность. Это особенно важно для металлоконструкций, подвергающихся сильным механическим и динамическим нагрузкам, чтобы деталь сохраняла свои несущие свойства и оставалась работоспособной. Для работы с толстолистовым металлом применяется вид сварки, называемый многослойной (многопроходной) сваркой. При использовании этого метода сварка ведётся в несколько этапов, то есть накладывается несколько швов друг на друга, чтобы полностью соединить толстый металл по всей толщине и получить прочное соединение, которое будет противостоять внешним нагрузкам и сохранять свойства детали.

При работе пожарных подразделений в условиях чрезвычайной ситуации, когда спасатели входят в горящее здание, на их экипировку действуют высокие температуры, достигающие до 1000 °С. Как мы знаем, металл имеет свойство расширяться. На спине у спасателя находится баллон со сжатым воздухом (поскольку объём баллона ограничен, для обеспечения запасом воздуха на определённое время работы в нём необходимо создать большое давление).

Металл, из которого изготовлен АСВ, должен выдержать высокое давление 29,4 МПа [2]. Так же во время пожара на баллон может воздействовать высокая температура, что приводит к расширению металла. При сварке отдельных частей такого оборудования необходимо учитывать эти факторы. В таких случаях используется вид сварки, называемый аргонодуговой сваркой (TIG). Её ключевое преимущество - минимальная зона термического влияния, что очень важно для обеспечения прочности и герметичности соединений, работающих под высоким давлением. Шов получается аккуратным, прочным и с минимальным риском возникновения пор и трещин. Именно TIG-сварка является основным методом, позволяющим качественно варить такие материалы, как алюминий и нержавеющая сталь. Благодаря этим свойствам, данный метод применяется для ответственного ремонта, включая:

Восстановление композитных и алюминиевых баллонов высокого давления (на 200 - 300 атм.);

Ремонт тонкостенных цистерн из нержавеющей стали и алюминиевых сплавов.

Что касается сварки ММА, то есть обычной ручной дуговой сварки, то её применение в пожарной службе очень широко. Она отлично подходит для ремонта несущих конструкций пожарной техники, таких как рамы, лестницы и различные кронштейны. Этот метод позволяет надёжно заваривать толстостенные металлоконструкции толщиной от четырех миллиметров.

Большим преимуществом является возможность осуществлять полевой ремонт в условиях полного отсутствия электросетей, благодаря генераторам,

которые входят в оснащение пожарного автомобиля. К другим достоинствам этой сварки можно отнести возможность работы в любых погодных условиях на открытых площадках, а также ее доступность и простоту, поскольку она не требует сложного дополнительного оборудования.

Однако у этого метода есть и свои недостатки. Одним из них является то, что швы получаются довольно грубыми и почти всегда требуют дополнительной зачистки. Из-за большой зоны термического влияния существует повышенный риск деформации детали и появления трещин. Кроме того, эта сварка не совсем удобна для работы с тонкостенными конструкциями и для тех соединений, где предъявляются высокие требования к точности и аккуратности.

Самый практичный сварочный аппарат на базе пожарного автомобиля, благодаря которому можно выполнять широчайший спектр задач - полуавтоматическая сварка в среде защитного газа (MIG/MAG).

Принцип работы: в зону сварки подается проволока, которая одновременно является и электродом, и присадочным материалом. Зона сварочной ванны защищается от кислорода воздуха потоком инертного (MIG) или активного (MAG) газа (чаще всего используется углекислый газ CO₂ или его смесь с аргоном). Почему именно полуавтомат для пожарного автомобиля? Это объясняется следующим [3]:

1. Высокая производительность: скорость сварки значительно выше, чем у ручной дуговой сварки электродом. Это позволяет быстро заваривать большие объемы металла, например, при ремонте кузова или изготовлении конструкций;

2. Отличное качество шва: швы получаются ровными, аккуратными и с минимальным количеством брызг. При правильной настройке обеспечивается высокая герметичность;

3. Подходит для толстого металла: позволяет эффективно варить металл толщиной от 1 до 20 мм и более (многослойным швом);

4. Энергоэффективность: современные инверторные полуавтоматы имеют высокий КПД и рационально используют энергию генератора. Они позволяют варить на больших токах, получая глубокий провар, без чрезмерной нагрузки на сеть;

5. Универсальность: позволяет варить черные металлы, нержавеющую и оцинкованную сталь (со сменой типа проволоки и газа);

6. Относительная простота: освоить базовые приемы полуавтоматической сварки можно значительно быстрее, чем, например, аргонодуговой (TIG).

Комбинированные аппараты «3-в-1»: существуют инверторные аппараты, которые могут работать в режиме MMA, MIG/MAG и TIG. Это максимально универсальное решение, но требующее более высокой квалификации оператора и, как правило, более мощного генератора.

В пожарном деле возможности применения разнообразных видов сварки не ограничены. Каждый метод имеет свою специфическую область применения, и правильный выбор технологии обеспечивает безопасность,

надежность и долговечность отремонтированных конструкций техники. Для оснащения пожарного автомобиля с генератором наиболее оптимальным выбором является инверторный полуавтомат (MIG/MAG). Он обеспечивает наилучший баланс между производительностью, качеством сварки, энергопотреблением и простотой использования. Это позволит пожарным подразделениям в полевых условиях оперативно и качественно выполнять широкий спектр сварочных работ: от ремонта техники до изготовления и починки металлоконструкций, обеспечивая при этом прочные, герметичные и надежные соединения. Из вышесказанного можно сделать вывод, что выбор типа сварочного шва и технологии – это очень сложная и крайне важная задача. Хотя это часто остаётся незаметным, она напрямую влияет на жизнь и здоровье людей, а в целом — на безопасность нашей планеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные пожарные машины белорусского производства поступили в подразделения МЧС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/glavnoe/410055>. – Дата доступа: 10.11.2025.
2. Тербнев, В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В. Тербнев. – М.: ПожКнига, 2004. – 248 с.
3. Овчинников, В.В., Основы технологии сварки и сварочное оборудование: учебник / В. В. Овчинников. – М.: КноРус, 2025. – 258 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ АО «КОРПОРАЦИЯ «КРАСНЫЙ ОКТЯБРЬ»»

Турицын И.В.¹, Власова О.С.²

¹Волгоградский государственный технический университет

²Университет гражданской защиты

В условиях усиления темпов промышленного развития вопросы обеспечения безопасности в техносфере приобретают особую актуальность. АО «Корпорация «Красный Октябрь», являясь одним из ключевых предприятий металлургического сектора региона, эксплуатирует оборудование, функционирующее в условиях экстремальных температур, а также работает с веществами, представляющими химическую опасность. Такие условия создают повышенный риск возникновения техногенных инцидентов - от возгораний и утечек вредных веществ до сбоев в энергоснабжении и технологических нарушений [1].

В этой связи обеспечение промышленной безопасности перестаёт быть исключительно формальной процедурой и становится стратегическим приоритетом. Надёжная система предупреждения ЧС обеспечивает не только непрерывность производственного процесса, но и сохранность жизни и

здоровья работников, а также минимизацию негативного воздействия на окружающую среду [2]. Для выявления слабых мест в действующей системе управления безопасностью был проведён анализ статистики чрезвычайных ситуаций и несчастных случаев на предприятии за период 2021–2024 гг.

Полученные данные показали отсутствие существенного снижения уровня производственного травматизма в течение всего анализируемого периода.

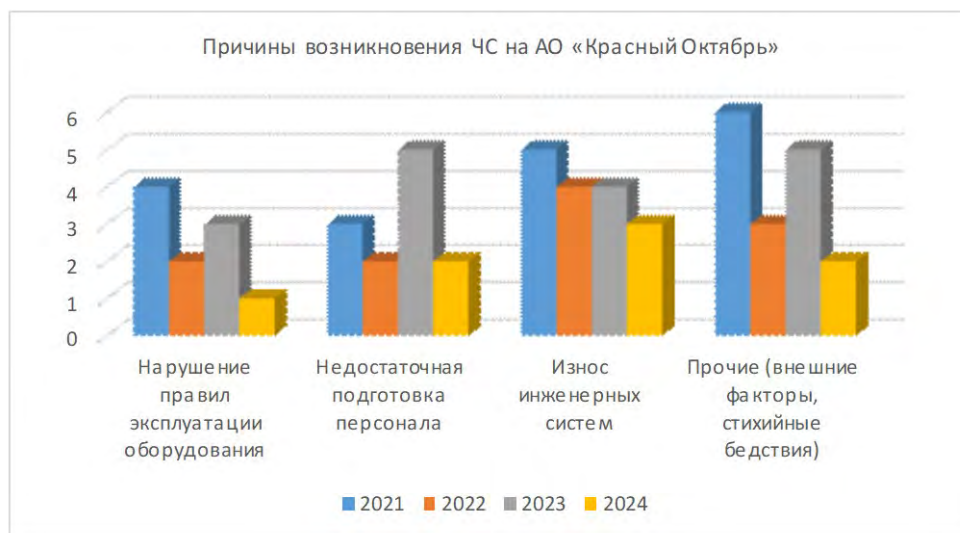


Рисунок 2 – Причины возникновения чрезвычайных ситуаций на предприятии АО «Красный Октябрь» в 2021–2024 гг.

Это указывает на системный характер недостатков в текущей модели безопасности, несмотря на реализацию стандартных профилактических действий. Выявленные проблемы были сгруппированы в следующие категории:

1. Поверхностный подход к подготовке персонала: инструктажи и аттестация часто сводятся к формальной проверке теоретических знаний без моделирования реальных аварийных ситуаций и отработки практических навыков.

2. Недостаточная систематизация оценки рисков: идентификация опасностей проводится фрагментарно, а используемые методики оценки не унифицированы и не соответствуют современным стандартам.

3. Отсутствие интеграции безопасности в технологические процессы: большинство мер носят реактивный характер (например, ограничения, запреты), тогда как профилактические и прогнозирующие методы практически не применяются.

4. Низкий уровень вовлеченности персонала: отсутствуют механизмы, стимулирующие сотрудников к инициативному участию в вопросах безопасности, как материальные, так и нематериальные [3].

Для устранения указанных недостатков был предложен комплекс мероприятий, охватывающий три ключевых аспекта: организационный, инженерно-технический и гуманитарно-психологический.

Организационные меры предполагают повышение частоты тренировок и учений на наиболее опасных участках - с ежеквартальных до ежемесячных. Также внедряется система наставничества, позволяющая передавать практический опыт от квалифицированных специалистов новым сотрудникам.

Инженерно-технические решения включают модернизацию систем вентиляции и автоматического пожаротушения: замена устаревших спринклеров на более чувствительные механические устройства, монтаж противопожарных перегородок и штор в зонах хранения ГСМ. Кроме того, предусматривается резервирование критического оборудования — дублирование насосов охлаждающих систем и установка ручных арматурных элементов на аварийных линиях подачи инертных газов.

Культурно-психологическое направление направлено на формирование устойчивой «культуры безопасности» в коллективе. В частности, внедряется система нематериальных поощрений: сотрудники, вовремя обнаружившие и устранившие потенциальные угрозы, получают благодарственные письма и размещаются на доске почёта. Регулярное проведение тематических «дней безопасности» с участием руководства способствует повышению общей ответственности и вовлеченности персонала.

На основании имитационного моделирования возможных сценариев ЧС и экспертных оценок прогнозируется снижение общего числа инцидентов на 40 % в течение ближайших двух лет. Наиболее выраженный эффект ожидается в уменьшении аварий, обусловленных человеческим фактором - на 50–60 % [4].

Таким образом, опыт АО «Корпорация «Красный Октябрь» демонстрирует, что устойчивое повышение уровня промышленной безопасности достигается не за счёт разрозненных действий, а через комплексную интеграцию организационной дисциплины, технического обновления и целенаправленного формирования корпоративной культуры, ориентированной на проактивное управление рисками. Предложенный подход соответствует требованиям российского законодательства в сфере промышленной и техносферной безопасности и может быть рекомендован для внедрения на предприятиях с аналогичным профилем, в том числе в рамках оборонно-промышленного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997.
2. Методические рекомендации по оценке рисков чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах. МЧС России, 2021.
3. Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н. Техногенный риск: анализ и оценка. – М.: Академия, 2018. – 320 с.
4. Кабишев А.В. Основы техносферной безопасности: учебное пособие. — М.: Академия, 2022.

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ НА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Усеня В.А., Минько Д.В.

Университет гражданской защиты

Особенностью котельных установок является непрерывная работа, связанная с повышенными нуждами на отопление, производство тепловой энергии котельными, распределение тепловой энергии, деятельность по обеспечению работоспособности котельных, горячего водоснабжения для нашего климатического региона. Обеспечение безопасности на котельных является одной из главных задач для руководителей предприятия.

Авария – разрушение опасных производственных объектов и (или) потенциально опасных объектов, в том числе эксплуатируемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ [1].

Инцидент – отказ в работе или повреждение потенциально опасных объектов, эксплуатируемых на опасном производственном объекте, технических устройств, эксплуатируемых на потенциально опасном объекте, отклонение от параметров, обеспечивающих безопасность ведения технологического процесса, не приводящие к аварии [1].

В результате аварий и инцидентов происходят отключения горячей воды и отопления на предприятиях, что отрицательно сказывается на их деятельности, поэтому предотвращение отказов и аварий котельных установок является актуальной задачей.

Целью работы является анализ причин аварий на котельных установках.

Как показывает практика, основное количество происшествий приходится на период оттепели, когда контроль за состоянием систем отопления, установленных в жилых домах, а также в административных, производственных и других помещениях, ослабляется. Проведенная аналитическая работа указывает на то, что основной причиной взрывов котлов является замерзание систем отопления (расширительных баков) с прекращением циркуляции воды, что приводит к резкому повышению давления теплоносителя в котле. В случае отсутствия циркуляции воды в системе отопления, при горении топлива внутри поверхностей нагрева котла происходит закипание воды, сопровождающееся ростом давления. При достижении критического давления поверхности нагрева котла разрушаются. Из-за выброса из поврежденного котла большого объема пара и пароводяной смеси происходит повышение давления внутри помещения и, как следствие, разрушение несущих конструкций здания.

Безопасность котельной зависит от множества факторов. Для выявления этих факторов проанализируем статистику [2] и причины аварий в котельных. Основные причины аварий:

- 1) неисправность оборудования (средств контроля, автоматики и др.);

2) разрушение деталей и узлов (усталость материала труб, коррозия, брак сварных швов, деформация механическое повреждение в результате нарушения регламента работ и т. д.);

3) человеческий фактор (несоблюдение правил техники безопасности, неудовлетворительная организация производства работ и т. д.);

4) другие причины (несанкционированные работы, нарушение режима труда и отдыха, некачественное топливо и др.).

Примеры разрушения котлов:

29.08.2025 в филиале «Завод Химволокно» ОАО «Гродно Азот» при плановом переводе парового котла с природного газа на дизельное топливо произошло его аварийное разрушение, в результате которого травмированы 2 работника котельного цеха.

30.10.2020 взрыв в здании котельной в г. Слуцк, Минской области. При проведении пусконаладочных работ твердотопливного котла произошел выброс избыточного давления, в результате которого пострадали 2 работника.

02.11.2018 в аг. Каменка Чаусского района Могилевской области на молочно-товарном комплексе произошёл взрыв отопительного котла, в результате которого погиб работник предприятия, а также произошло частичное разрушение котельной.



Рисунок 1 – Причины аварий на котельных установках

Анализ причин аварий на котельных установках показал, что человеческий фактор (52%) по-прежнему является основной причиной аварий (рис. 1). Для исключения влияния человеческого фактора на технологический процесс котельной, необходимо постоянно проводить проверки знаний операторов котельной; обязательное использование средств индивидуальной защиты (газоанализаторы).

Уменьшить число аварий, из-за технической неисправности оборудования позволит использование методов непрерывного мониторинга состояния теплотехнического оборудования и трубопроводов. Исправность средств автоматизации и технических средств контроля теплоносителя позволит осуществлять эффективную и безаварийную эксплуатацию котельной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь от 05.01.2016 №354-З «О промышленной безопасности».
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]/ Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2025. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/> – Дата доступа: 27.11.2025.

КЛАСИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ КОТЕЛЬНЫХ

Усеня В.А., Минько Д.В.

Университет гражданской защиты

Котельная – это здание или помещение, в котором располагается оборудование для производства пара или горячей воды, используемых для отопления и/или производственных нужд. Они обеспечивают потребителей теплом через теплотрассы и/или паропроводы [1].

Мини-котельная - котельная, предназначенная для теплоснабжения зданий или сооружений, предусмотренного заводом-изготовителем теплового оборудования, собранную в едином малогабаритном корпусе [1]. Название она получила как раз благодаря компактному размеру. Как правило, она включает в себя один или несколько котлов, горелки, систему химической подготовки воды, пожарную сигнализацию, вентиляцию, дымовую трубу, насосы, панели управления, и другое котловспомогательное оборудование на любом виде топлива в количестве не более двух единиц тепловой мощностью до 100 кВт каждая, системами управления и защиты, представляющая собой встроенное помещение, пристроенное или отдельно стоящее здание.

Основное отличие котельной от мини-котельной заключается в мощности установленного оборудования и требованиях к помещению. Котельная – это более крупное и мощное сооружение, предназначенное для обеспечения теплом больших объектов, в то время как мини-котельная – компактное решение, подходящее для отопления небольших зданий или отдельных квартир.

Котельные установки классифицируются по нескольким признакам:

По назначению тепловой нагрузки:

- *отопительные* – предназначенные для отопления и горячего водоснабжения;
- *производственные* - предназначенные для приготовления пара и и/или горячей воды для технологических потребителей;
- *отопительно-производственные* или же – *смешанные* (обеспечение отопительной и производственной функции).

По типу расположения:

- *Центральные* – предназначены для снабжения энергоресурсами множества объектов от одного производителя тепловой энергии.

Выработанные в котельном агрегате пар или горячая вода по системе трубопроводов передаются конечным потребителям. Такая схема теплоснабжения была широко распространена до недавнего времени. Плюсом является то, что теплом обеспечиваются жилые дома и предприятия, находящиеся на некотором удалении от котельной. Главным и самым существенным недостатком центральных котельных является разветвленная сеть трубопроводов. Сети требуют постоянного обслуживания, температуру удаленных потребителей сложно поддерживать и регулировать в нормативных пределах, обширные тепловые сети имеют высокие потери тепла, что приводит к перерасходу топлива. Котельная, работающая на такие сети, тянет на себе обширное хозяйство всех сетей, затраты на обслуживание мощных котлов и вспомогательного оборудования, большое потребление топлива.

– *Районные* – предназначены для обеспечения тепловой энергией части города.

Их располагают в центре застройки чтобы обеспечить равномерное распределение тепла по всем потребителям. Районная котельная имеет то же оборудование, что и центральная, только меньшей мощности. Ее сооружение требует меньших капиталовложений и проходит в более короткие сроки. Такой вариант теплоснабжения удобен для вновь возводимых районов, находящихся на значительных расстояниях от крупных центральных котельных. В настоящее время, как правило, каждый вновь строящийся микрорайон имеет свою районную котельную или тепловую станцию

– *Блочно-модульные* – котельные, состоящие из блоков технологического оборудования и вспомогательного оборудования, размещенных в модуле [1].

В последнее время они получили широкое распространение. Такие котельные могут обслуживать один дом или несколько близлежащих объектов теплоснабжения. Их можно устанавливать в труднодоступных районах, там, где невозможна прокладка трубопроводов. Большим преимуществом индивидуальных котельных является их независимость от состояния тепломагистралей, возможность регулировки параметров теплоносителя по желанию потребителя.

По типу устанавливаемых котлов:

Паровые – устройство для получения пара под давлением, путем нагрева воды с использованием тепловой энергии, полученной при сгорании топлива или других источников тепла. Основной принцип работы заключается в передаче тепловой энергии воде, которая вскипает и превращается в пар. Этот пар затем используется для различных целей, таких как отопление, производство электроэнергии или в технологических процессах [2].

Водогрейные – предназначены для нагрева воды под давлением, которая затем используется для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Основной принцип работы заключается в нагреве теплоносителя (воды) в теплообменнике с помощью сжигаемого топлива, а затем передаче этой нагретой воды в систему отопления [2].

Смешанные – также известные как комбинированные котлы, это отопительные устройства, которые могут работать на различных видах топлива, таких как газ, дизельное топливо, твердое топливо (дрова, уголь, брикеты) и электричество. Основная идея таких котлов – обеспечить гибкость в выборе источника тепла, возможность переключения между видами топлива и повышение автономности системы отопления.

Диатермические – также известные как термомасляные котлы, используют специальное масло (диатермическое) в качестве теплоносителя для передачи тепла от источника (например, горелки) к потребителям тепла. Они работают по принципу циркуляции нагретого масла через систему труб, передавая тепло в различные технологические процессы или системы отопления.

По типу используемого топлива:

Газовые – работают на природном газе. Это один из самых распространенных типов благодаря высокому КПД и автоматизации, где есть возможность подключения к централизованному газоснабжению [3].

Жидкотопливные – используют жидкое топливо, такое как дизельное [3].

Твердотопливные – работают на твердом топливе, включая дрова, уголь, брикеты и паллеты. Преимущество этого типа – автономность, так как они могут использоваться в регионах без газа и с перебоями в электроснабжении [3].

Электрические – используют электроэнергию. Являются простым и компактным вариантом, который не требует дымохода и сложного обслуживания, но электроэнергия может быть более дорогим источником энергии [2].

Комбинированные (смешанные) – сочетают работу на двух или более видах топлива, что обеспечивает универсальность. Например, это могут быть газомазутные или газоэлектрические установки [2].

По типу размещения:

- *отдельно стоящие*;
- *пристроенные* к зданию другого назначения;
- *встроенные* в здания другого назначения независимо от этажа размещения;
- *крышные* [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. СН 4.02.04-2019 «Котельные установки».
2. ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением».
3. ГОСТ 23172-78. «Котлы стационарные. Термины и определения».
4. СН 4.02.05-2020 «Автономные источники теплоснабжения».

ПРЕДИКТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ

Хабибуллин И.И.¹, Алтунин В.А.²

¹ АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань, РФ

² ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, РФ

Одним из ключевых элементов инфраструктуры промышленности России являются компрессорные станции (КС) [1]. КС классифицируются по типу установки на стационарные и подвижные. В КС применяются различные компрессора: поршневые, центробежные, винтовые и осевые. Применение КС в промышленности широко, как в нефтегазовой, химической, транспортной, авиационно-космической, энергетической, горнодобывающей, так и в машиностроении. От надежности работы КС зависит эффективность и безопасность производства.

На данный момент в КС доля применения иностранного оборудования постепенно снижается и достигает порядка в диапазоне от 50% до 65%. Решения по применению иностранного оборудования в компрессорной области привело к зависимости от поставщиков зарубежного производства.

Однако, в связи с негативными политическими отношениями, произошел разрыв экономических связей, что привело к трудностям по обеспечению работоспособности в нефте-, газо-, химической отрасли, так как ресурс оборудования заканчивается.

Зарубежное оборудование с исчерпанным ресурсом очень опасно, т.к. иностранный производитель в настоящее время не обеспечивает техническую поддержку. Всё это, с большой вероятностью, может привести к поломке, останову технологического процесса и, в связи с аварийным состоянием, повлечь травмы, увечья обслуживающему персоналу.

Вопросы, связанные с поддержанием рабочего состояния иностранного оборудования, послужило толчком на пути [1-4]:

- к достижению технологической независимости;
- к освоению локализации производства запасных частей иностранного оборудования;
- к интенсификации направления реинжиниринга для восстановления узлов для поддержания оборудования в рабочем состоянии.

Но локализация освоена только на 50 %, и есть зависимость от импорта деталей через дружественные страны.

Данные издержки влияют:

- на стоимость и сроки ремонта;
- на изменения производственных процессов;
- на приближение вероятных аварий, в том числе, с травмами и гибелью людей.

В связи с этим, для предотвращения аварий на КС с иностранным оборудованием, отработавших свой ресурс, необходимо принимать решения по комплексной безопасности и надежности при эксплуатации.

Например, такие, как обучение, контроль персонала в виде инструктажей по мерам безопасности [1], строгие регламенты и аудиты, постепенная замена узлов, импортозамещение, реинжиниринг и предиктивная аналитика [2], мониторинг [3].

Конечно, в сложившейся ситуации нужен комплексный подход, однако, в первую очередь, необходимы: внедрение системы мониторинга и предварительный анализ возможного выхода из строя оборудования, выявление дефектов. Всё это поможет предотвратить аварии [4] и избежать травм на КС и других производствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шалаева, У.В. Нормативное регулирование безопасности при эксплуатации компрессорной станции / У.В. Шалаева, Т.В. Неупокоева // Вестник науки». - 2023. – №1 (58) Т.4 – С.236-240.
2. Москвитин, В.В. Повышение эффективности эксплуатации газодинамического оборудования посредством использования системы предиктивной аналитики для снижения числа отказов оборудования / В.В. Москвитин // Вестник АГГИ. – 2025. – № 1(1). – С. 51-73.
3. Острейковский, В.А. Анализ состояния обеспечения работоспособности компрессорных станций магистральных газопроводов на этапе эксплуатации / В.А. Острейковский, Н.А. Соловьев, Е. Н. Шевченко // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 3(23). – С. 32-39. – DOI 10.21685/2307-4205-2018-3-5.
4. Кравченко, Д.Д. Интеллектуальный мониторинг состояния оборудования компрессорных станций для предупреждения отказов и аварий / Д.Д. Кравченко, Е.Л. Чижевская, А.В. Медведев, Ю.Д. Земенков // Тюменский научный журнал. – 2025. – № 1(5). – С. 18-24. – DOI 10.24412/3034-154X-2025-1-18-24.

АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Холодов И.С., Аушев И.Ю.

Университет гражданской защиты

Совершенствование системы обеспечения защиты от чрезвычайных ситуаций на объектах подземной добычи полезных ископаемых в Республике Беларусь требует комплексного анализа существующих проблем, учета специфики технологических процессов и разработки эффективных мероприятий по предупреждению и ликвидации аварий.

Сегодня, на территории Республики Беларусь выявлено 50 видов полезных ископаемых. Однако не все из них детально изучены. По промышленным категориям разведано более 3,2 тыс. месторождений и их частей, в том числе подземных вод. Из них разрабатывается 58,8%. Так, по калийным и каменным солям осваивается 50% месторождений, по нефти – 64,6%, строительным материалам (мергельно-меловые породы, глинистые породы, пески, каолин, строительный и облицовочный камень, доломит, базальты, гипс) – 27,8%, торфу и сапропелю – 24,5%, пресным и минеральным подземным водам – 72,3% [1].

При добыче полезных ископаемых наибольшее распространение получили открытый и подземный способы разработки. Подземная добыча – ключевой элемент минерально-сырьевой базы Республики Беларусь. В условиях истощения легкодоступных месторождений актуальность подземной разработки возрастает [2]. Особое значение имеет добыча калийных солей как одного из основных экспортных товаров.

Извлечение полезных ископаемых подземным способом предполагает три основные стадии:

- вскрытие запасов шахтного поля;
- подготовка запасов (или их части) к отработке;
- очистная выемка подготовленных запасов.

Добыча подземным способом сопряжена с высоким риском возникновения ЧС, таких как взрывы газа и угольной пыли, обрушения, затопления и пожары [3]. Эти аварии приводят к тяжелым последствиям для жизни и здоровья работников, а также наносят значительный экономический ущерб.

Главная угроза – взрывы метана и угольной пыли. Метан представляет собой основную опасность на шахтах. Его взрывы, особенно в смеси с угольной пылью, обладают разрушительной силой и приводят к многочисленным жертвам [4].

Анализ причин чрезвычайных ситуаций на объектах добычи полезных ископаемых подземным способом показал:

- 30 % аварий вызваны неправильной организацией производства работ;
- 27 % - неэффективностью производственного контроля;
- 18 % - нарушением производственной дисциплины;
- 15 % - нарушением технологии производства работ;
- 10 % - низким уровнем знаний требований норм и правил безопасности.

Несмотря на существующие меры безопасности, полностью исключить риск аварий невозможно. Требуется постоянное совершенствование системы предупреждения ЧС, включая мониторинг, прогнозирование и разработку эффективных планов локализации и ликвидации аварий [5].

План ликвидации аварий является важнейшим инструментом для оперативного реагирования на аварии, организации спасательных работ и минимизации последствий ЧС [6]. Анализ плана ликвидации аварий

способствует выявлению наиболее вероятных причин аварий и разработке мер по их предотвращению.

Эффективная защита от ЧС требует комплексного подхода, включающего [7]:

- тщательный анализ геологических и гидрогеологических условий месторождений;
- совершенствование технологических процессов добычи с учетом требований безопасности;
- внедрение современных систем мониторинга и контроля за состоянием рудничной атмосферы;
- повышение квалификации персонала в области безопасности;
- регулярные тренировки и учения по отработке действий в аварийных ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. О промышленной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 5 января 2016 г. № 354-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 28 мая 2021 г. № 114-З // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
2. НПБ 64-2017. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Порядок определения необходимого количества сил и средств подразделений по чрезвычайным ситуациям для тушения пожаров. – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС, 2017 – 32 с.
3. Петровский, Б.И. Технологии и оборудование разработки местонахождений полезных ископаемых / Б.И. Петровский // Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2023 г.
4. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 141-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 17 июля 2020 г. № 50-З // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
5. Васючков, Ю.Ф. Горное дело: учебник / Ю.Ф.Васючков. – Москва.: Недра, 1982 г. – 512 с.
6. Контроль ради жизни. Глобус геология и бизнес [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vnedra.ru/bezopasnost/kontrol-radi-zhizni-3202>. – Дата доступа: 27.11.2025.
7. Кологривко, А.А. Подземные горные работы. Учебное пособие / А.А. Кологривко. – Минск. 2006 – 94 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ДИНАМИЧЕСКОГО ОТКЛИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЫ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Шудрик А.А., Лукашик Н.Н., Мартыненко Т.М.

Университет гражданской защиты

Конструкции наружной рекламы являются неотъемлемым элементом инфраструктуры современных городов, выполняя важные информационные и экономические функции. Их массовое размещение вдоль ключевых транспортных артерий и в зонах с высокой пешеходной активностью объективно повышает уровень социальных рисков, связанных с возможностью аварийного разрушения. Типовая конструкция билборда представляет собой пространственную систему, состоящую из металлического каркаса, информационного полотна и опорных стоек, заделанных в фундамент. Эксплуатация в условиях открытой атмосферы подвергает эти конструкции комплексному воздействию агрессивных факторов: знакопеременных ветровых нагрузок, статического давления снега, коррозионно-активной среды и температурных деформаций. Статистика аварийных ситуаций указывает, что значительная доля разрушений происходит не при экстремальных, а при эксплуатационных скоростях ветра, что свидетельствует о преобладающей роли динамических эффектов и явления усталости материалов. Основными причинами отказов являются: пренебрежение пульсационной составляющей ветра, неверный выбор расчетной схемы, отсутствие проверки на аэродинамическую неустойчивость и недостаточное внимание к узлам сопряжения. Всё это актуализирует необходимость проведения комплексных исследований, направленных на разработку усовершенствованных методов расчёта и проектирования, учитывающих циклический характер нагружения и динамический отклик конструкции.

Сложившаяся практика проектирования наружной рекламы зачастую ограничивается упрощенным статическим расчетом на основе устаревших нормативных документов (например, СНиП 2.01.07-85*), в котором ветровая нагрузка рассматривается как статическая, приложенная к условной расчётной площади. Ключевыми недостатками такого подхода являются:

- игнорирование динамической природы ветра. Ветровой поток является турбулентным и генерирует значительные пульсации давления, циклическое воздействие этих пульсаций приводит к явлению усталости металла, особенно в концентраторах напряжений (сварных швах, отверстиях), что со временем вызывает зарождение и развитие трещин;

- некорректный выбор расчетной схемы. Для отдельно стоящего билборда общепринятой является схема консольной стойки с жесткой заделкой. Однако критически важным является рассмотрение двух основных расчетных случаев.

Ветер действует перпендикулярно плоскости щита. В этом случае возникают максимальные изгибающий момент в стойке и опрокидывающий момент для фундамента. Ветер действует вдоль плоскости щита. Данный случай является определяющим для проверки элементов конструкции на кручение и для расчета анкерных устройств фундамента на сдвиг.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что обеспечение надежности и безопасности конструкций наружной рекламы требует перехода от упрощенных статических схем к комплексной методологии, учитывающей циклический характер ветровых воздействий. Предложенный подход, включающий уточненный расчет пульсационной нагрузки, обязательную оценку числа Скрутона и проверку на усталостную прочность, позволяет системно выявлять и нивелировать риски, связанные с динамической неустойчивостью и постепенным накоплением повреждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-3.02-162-2009. Нагрузки и воздействия на строительные конструкции. – Введ. 2010-01-01. – Минск : Минстройархитектуры, 2009.
2. ТКП EN 1991-1-4-2009/Еврокод 1: Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветер. – Введ. 2010-01-01. – Минск: Минстройархитектуры, 2009.
3. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. – М.: Госстрой СССР, 1986. (Может использоваться как справочный материал для понимания базовых принципов).
4. Пособие по проектированию наружной рекламы (к ТКП 45-3.02-162-2009). – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2011.
5. Справочник проектировщика. Металлические конструкции / под ред. В.В. Кузнецова. – Минск, 2004.
6. ТКП 45-3.02-162-2009. Нагрузки и воздействия на строительные конструкции. – Введ. 2010-01-01. – Минск: Минстройархитектуры, 2009.
7. СТБ (СН) – Система нормативных документов Беларуси.
8. CNR-DT 207/2008 – Итальянские рекомендации по оценке ветровых воздействий на конструкции.
9. СП 20.13330.2016 – Российские нормы нагрузок и воздействий.
10. ГОСТ Р 56728-2015 – Российский стандарт на рекламные конструкции.
11. Смолянченко, О.О. Техническая механика: учебник /О.О. Смиловенко, Т. М. Мартыненко, С.А. Лосик. – Минск: РИВШ, 2021. – 520 с.

Секция 3

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ: ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ИННОВАЦИИ

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ КАК СПОСОБ КОНТРОЛЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Бондарь Р.А., Рябцев В.Н., Пармон В.В.

Университет гражданской защиты

В современных реалиях любое государство действует в целях защиты от пожаров жизни и здоровья людей, национального достояния, всех видов собственности и экономики. Вопросы пожарной безопасности регулируются путем разработки и принятия комплекса экономических, социальных, организационных, научно-технических и правовых мер, а также создания сил и средств, направленных на предупреждение и тушение пожаров [1].

Вместе с тем проводимая работа, как показывают статистические сведения, в зависимости от эффективности тех или иных мероприятий, позволяет только уменьшить количество пожаров, а не полностью исключить возможность их возникновения.

Критически важным аспектом обеспечения пожарной безопасности объектов различных форм собственности является оборудование системами пожарной сигнализации, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией, передачи извещения о пожаре (далее - СПС, СОУЭ, СПИОП) для:

раннего обнаружения пожара (минимизация возможных последствий);

организации оповещения и эвакуации (указывают на кратчайшие безопасные маршруты эвакуации, переводят лифты в режим «Пожарная опасность», отключают систему контроля управления доступом и т.д.);

передачи извещения о пожаре (способствует ускоренному реагированию на возгорание);

ограничения путей распространения пожара (путем отключения систем вентиляции и технологического оборудования, закрытие противопожарных дверей (ворот, штор, роллет), клапанов в системах общеобменной вентиляции);

создания условий для работы пожарных аварийно-спасательных подразделений (запуск противодымной вентиляции, идентификация очага пожара, локализация пострадавших путем связи зон оповещения с пожарным постом и т.д.).

Причинами снижения эффективности, функциональности, инерционности и, как следствие, нарушения работоспособности СПС, СОУЭ, СПИОП могут быть нарушения при проектировании, технические сбои, износ оборудования. Кроме того, технические средства, рассчитанные на непрерывную эксплуатацию, имеют непродолжительный срок службы. Для поддержания их работоспособности в период срока эксплуатации, установленного заводом изготовителем, проводится техническое обслуживание в соответствии с [3, 4]. Срок службы систем в соответствии с технической документацией на оборудование, как правило, составляет 8–10 лет [3].

Необходимость поддержания СПС, СОУЭ, СПИОП в исправном и работоспособном состоянии в период «жизненного цикла» систем возлагается на руководителей защищаемых объектов [1, 2], а контроль за соблюдением требований технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации при проектировании и эксплуатации СПС, СОУЭ, СПИОП, возложен на органы государственного пожарного надзора [1].

Определение технического состояния СПС, СОУЭ, СПИОП, контроль выполнения техническими средствами и системами, определенных проектной документацией, части или всех их функций является неотъемлемой частью надзорных мероприятий, проводимых органами государственного пожарного надзора.

ЛИТЕРАТУРА

1. О пожарной безопасности: Закон Респ. Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403-ХІІ: в ред. от 30 декабря 2022 г. № 228-3 // iLex: информ. правовая система (дата обращения: 20.10.2025).
2. О развитии предпринимательства [Электронный ресурс]: Декрет Президента Респ. Беларусь, 23 ноября 2017 г., № 7: в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 25.01.2024 г. № 32 // iLex: информ. правовая система (дата обращения: 20.10.2025).
3. Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Организация и порядок проведения работ: ТКП 316-2011 (02300). – Введ. 01.09.2011. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2011. – 37 с.
4. Об определении требований к выполнению работ и оказанию услуг, составляющих лицензируемую деятельность по обеспечению пожарной безопасности: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 апреля 2023 г. № 234 // iLex: информ. правовая система (дата обращения: 20.10.2025).

АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПО ПРОВЕРКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, ОПОВЕЩЕНИЯ ЛЮДЕЙ О ПОЖАРЕ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ, ПЕРЕДАЧИ ИЗВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ

Бондарь Р.А., Рябцев В.Н., Пармон В.В.

Университет гражданской защиты

В Беларуси порядок проведения испытаний по проверке работоспособности систем пожарной сигнализации, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией, передачи извещения о пожаре (далее – СПС, СОУЭ, СПИОП) заложен в состав регламентов технического обслуживания систем [1, 2].

Проведение испытаний на работоспособность СПС, СОУЭ, СПИОП при приемке в эксплуатацию, ТО, эксплуатации систем, осуществлении надзорной деятельности работниками государственного пожарного надзора представляют собой выборочный контроль позиций регламентов технического обслуживания систем.

Регулярная проверка работоспособности СПС, СОУЭ, СПИОП – это обязательное условие для обеспечения:

- готовности систем к выполнению своих функций (*пожар может возникнуть в любое время, а ложное чувство безопасности, которое создает неисправные системы, может привести к более тяжким последствиям*);
- предотвращения отказов и выявление скрытых неисправностей (*износ и старение оборудования и компонентов, электронные сбои и т.п.*);
- обнаружения последствий внешних воздействий (*ремонтные работы (к примеру окраска датчиков, залитые водой, механическое повреждение), перепланировка (нарушение зон контроля), вандализм*);
- корректности функционирования всех элементов систем (*сблокированных с СПС систем, корректность сигнала о пожаре на пункт диспетчеризации, разборчивость речевого оповещения*);
- снижения риска ложных срабатываний (*основные причины ложных срабатываний – загрязнение компонентов СПС, неисправные ИП, проблемы с шлейфами. Регулярная чистка, замена и калибровка оборудования минимизирует этот риск*);
- экономической целесообразности (*профилактика дешевле ремонта и полной замены системы, а также ущерба от ложных срабатываний*).

Однако отсутствие единого подхода к проведению испытаний по проверке работоспособности СПС, СОУЭ, СПИОП создает риски возникновения различий в подходах к испытаниям, пропуску критических

неисправностей, необъективной оценки состояния систем и снижению общей эффективности защиты объекта.

Учитывая законодательство Республики Беларусь и опыт Российской федерации [3, 4, 5] для полного и всестороннего проведения испытаний по проверке работоспособности СПС, СОУЭ и СПИюП целесообразно придерживаться следующего алгоритма действий.



Рисунок 3. – Алгоритм проведения испытаний по проверке работоспособности СПС, СОУЭ, СПИюП

Таким образом, можно отметить следующие преимущества приведенного алгоритма:

Для органов ГПН:	Для проверяемого объекта:
– стандартизация процедуры проверки;	– оптимизация затрат;
– унификация процессов проверки;	– снижение количества ложных срабатываний;
– объективность и эффективность оценки;	– минимизацию простоев при проверочных действиях;
– сокращение времени на проведение проверок.	– повышение эффективности систем и их соответствие техническим нормативным правовым актам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Организация и порядок проведения работ: ТКП 316-2011 (02300). – Введ. 01.09.2011. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2011. – 37 с.
2. Об определении требований к выполнению работ и оказанию услуг, составляющих лицензируемую деятельность по обеспечению пожарной безопасности: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 апреля 2023 г. № 234 // ilex: информ. правовая система (дата обращения: 20.10.2025).
3. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы пожарной сигнализации. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность : ГОСТ Р 59638-2021. – Введ. 15.09.2021. – Москва : Росстандарт : ФГБУ ВНИИПО, 2021. – 24 с.
4. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность : ГОСТ Р 59639-2021. – Введ. 15.09.2021. – Москва : Росстандарт : ФГБУ ВНИИПО, 2021. – 23 с.
5. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы передачи извещений о пожаре. Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы испытаний на работоспособность : ГОСТ Р 71554-2024. – Введ. 01.09.2024. – Москва : Росстандарт : ФГБУ ВНИИПО, 2024. – 20 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СПРИНКЛЕРНЫХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Бунто И.А., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

В Республики Беларусь область применения и допустимый перечень автоматических установок пожаротушения установлен строительными нормами СН 2.02.03-2019 «Пожарная автоматика зданий и сооружений» [1].

Согласно требованиям, установленным в строительных нормах [1], выбор типа установки пожаротушения, а также вида огнетушащего вещества определяется разработчиком проектной документации для конкретного объекта проектирования, в зависимости от функционального назначения здания (помещения), технологических, конструктивных и объемно-планировочных особенностей защищаемого объекта, пожарной опасности и физико-

химических свойств производимых, хранимых и обращающихся в нем веществ и материалов.

При этом в случае возможности применения в качестве системы автоматического пожаротушения спринклерной установки, преимущество, как правило, отдается именно ей.

Согласно ГОСТ 12.2.047-86 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника. Термины и определения» [2] *спринклерная установка пожаротушения* – автоматическая установка водяного пожаротушения, оборудованная нормально закрытыми спринклерными оросителями, вскрывающимися при достижении определенной температуры.

Спринклерные установки применяются для локального тушения пожаров и охлаждения строительных конструкций. Предпочтительно используются для защиты помещений, в которых предполагается развитие пожара с интенсивным тепловыделением, в том числе для защиты различных складов, торговых центров, гостиниц, помещений производства и др.

Основные характеристики и принцип работы установки:

Спринклерная установка пожаротушения представляет собой автоматическую систему, предназначенную для обнаружения и тушения пожаров на ранней стадии. Установка включает в себя следующие основные компоненты: систему трубопроводов, узлы управления и запорную арматуру, насосы и резервуары для хранения огнетушащего вещества, однако основным компонентом установки являются спринклерные оросители.

Спринклерный ороситель – ороситель, у которого в дежурном режиме работы выходное отверстие закрыто запорным устройством, а имеющийся тепловой замок срабатывает (разрушается) при повышении температуры в зоне установки оросителя, тем самым освобождая выходное отверстие оросителя. Согласно ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» [3] *спринклерный ороситель* – ороситель с запорным устройством выходного отверстия, вскрывающимся при срабатывании теплового замка.

К основным характеристикам спринклерного оросителя относятся:

- интенсивность орошения: расход огнетушащего вещества, приходящийся на единицу площади в единицу времени;
- равномерность орошения: распределение интенсивности орошения на защищаемой площади;
- защищаемая площадь: площадь, на которой обеспечивается средняя интенсивность и равномерность орошения не менее нормативной или установленной в технической документации;
- номинальная температура срабатывания: нормативная температура спринклерного оросителя, при которой должно обеспечиваться срабатывание его термочувствительного элемента.

Спринклерные установки бывают нескольких типов, выбор применения которых в основном зависит от температурных параметров защищаемых

помещений. Пример схемы функционирования спринклерной установки пожаротушения приведен на рисунке 1.

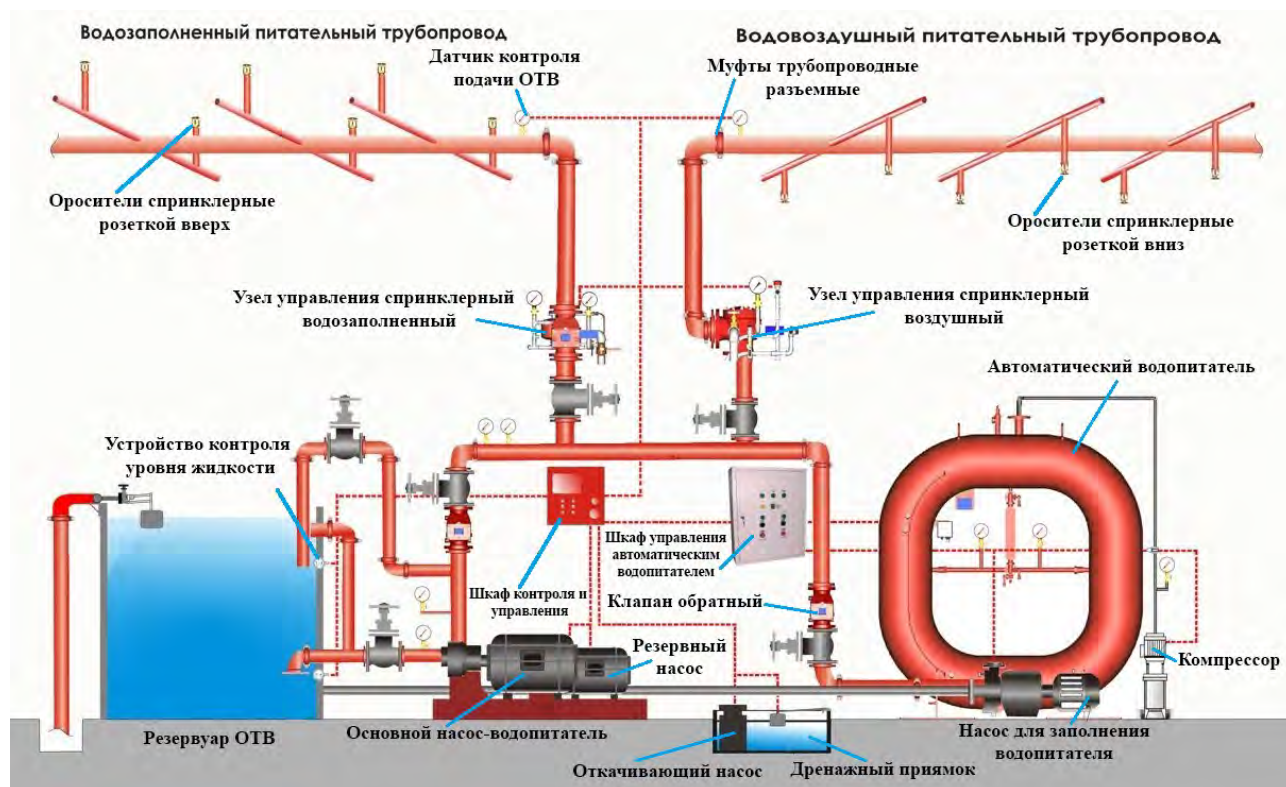


Рисунок 1. – Схема функционирования спринклерной установки пожаротушения

Спринклерные установки, находящиеся в режиме ожидания, в зависимости от заполняемости сетей их трубопроводов жидким огнетушащим веществом или воздухом под давлением называются соответственно «мокрыми» водозаполненными или «сухими» сухотрубными.

Водозаполненная установка, в которой вся сеть трубопроводов заполнена водой, водными растворами со смачивателями, пенообразователями, поэтому такой тип оборудования автоматического пожаротушения предназначен для эксплуатации только при положительных температурах воздуха в защищаемых помещениях.

Воздушная установка, где подводящий трубопровод заполнен водой или водными растворами, а вся питательно-распределительная трубопроводная сеть, расположенная выше узла управления – воздухом.

Водовоздушная установка - это установка, в которой подводящий трубопровод заполнен водой, а питательный, распределительные трубопроводы периодически – в зависимости от сезона, времени эксплуатации защищаемого помещения заполняют водой, водными растворами или воздухом.

Применение воздушных, водовоздушных трубопроводов дает возможность монтировать спринклерные установки в помещениях с

отрицательной температурой воздуха, однако, при этом требуется применение дополнительного оборудования – воздушных компрессоров, устройств контроля и управления.

В дежурном режиме система трубопроводов заполнена и находится под избыточным давлением огнетушащих веществ или воздуха (в случае применения спринклерной воздушной установки). При этом система остается герметичной, так как выходное отверстие оросителя закрыто запорным устройством, которое плотно прижато к корпусу оросителя через уплотнительный элемент. Прижим осуществляется специальным устройством (винтом) через тепловой замок (к примеру, термоколбу). Основные элементы спринклерного оросителя с термоколбой приведены на рисунке 2.

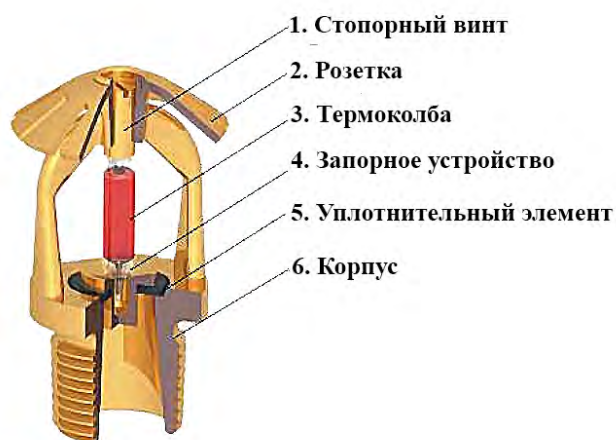


Рисунок 2. – Спринклерный ороситель с термоколбой

В стеклянной термоколбе содержится жидкость с высоким температурным коэффициентом расширения. При повышении температуры в зоне установки спринклерного оросителя (при развитии пожара) и достижении номинальной температуры срабатывания оросителя, жидкость, находящаяся в герметичной стеклянной колбе, расширяется и разрушает ее.

Это приводит к открытию выходного отверстия спринклера и распылению огнетушащего вещества непосредственно в зону пожара. Таким образом, установка реагирует на локальный очаг возгорания и быстро подавляет огонь, что значительно снижает вероятность распространения огня и минимизирует ущерб от возгорания, а также исключает вероятность пролива огнетушащего вещества в местах, где возгорание отсутствует.

В качестве огнетушащего вещества в установке применяется вода, вода со смачивателем или рабочий раствор пенообразователя. Вода, как огнетушащее вещество, имеет ряд существенных преимуществ, она обладает высокой удельной теплоемкостью и скрытой теплотой парообразования, химической инертностью к большинству веществ и материалов, а также низкой стоимостью и доступностью (наличие практически неограниченного запаса огнетушащего вещества, в случае соответствующего подключения установки к внешним водопроводным сетям).

Для улучшения смачивающей способности (снижения поверхностного натяжения воды) и адгезии к объекту тушения (защиты) в качестве огнетушащего вещества применяется вода со смачивателем или рабочий раствор пенообразователя, что значительно повышает эффективность практического применения спринклерных установок пожаротушения и расширяет возможный диапазон их применения.

В качестве источника водоснабжения спринклерных установок пожаротушения водяного пожаротушения применяют открытые водоемы, пожарные резервуары или водопроводы различного назначения.

При необходимости применения в качестве огнетушащего вещества воды со смачивателем или рабочего раствора пенообразователя применяются специальные резервуары (для хранения уже готового раствора воды со смачивателем или пенообразователя). Для других источников водоснабжения применяют дозирующие установки, обеспечивающие дозировку смачивателя (пенообразователя) в поток воды после запуска установки пожаротушения в процентном соотношении, соответствующем показателю необходимой объемной концентрации.

Основные преимущества применения спринклерных установок пожаротушения:

Спринклерная установка пожаротушения представляет собой одно из наиболее эффективных и надежных решений для защиты зданий и сооружений от пожаров. Установки могут применяться в самых различных типах зданий, от жилых и коммерческих до промышленных и общественных объектов. К основным преимуществам установки стоит отнести:

- возможность установки работать автоматически, что позволяет оперативно реагировать на пожары даже при отсутствии людей на месте происшествия. Это особенно важно в ночное время или в местах с ограниченным доступом.

- низкая стоимость и доступность применяемого огнетушащего вещества (воды), а также отсутствие вредного воздействия на человека в случае контакта и, как следствие, отсутствие ограничений по применению установки в помещениях с массовым пребыванием людей, а также в помещениях, которые не могут покинуть люди до начала работы установки.

- высокую эффективность локализации и тушения возгорания на ранней стадии за счет распыления огнетушащего вещества непосредственно в зону пожара (на локальный очаг возгорания), что значительно снижает риск распространения огня, а также минимизирует вероятность возникновения дополнительного ущерба от повреждения имущества и оборудования, расположенного в других частях здания как от возгорания, так и от пролитого огнетушащего вещества.

- наличие строительных норм [1], что упрощает работу по проектированию спринклерных установок пожаротушения и позволяет избежать непредвиденных затрат на ранней стадии.

- возможность не оборудовать системой пожарной сигнализации помещения, оснащенные спринклерными установками, при необходимости оборудования данных помещений тепловыми пожарными извещателями.
- возможность гармоничного применения элементов установки в современных интерьерах.
- долгий срок службы (более 10 лет) и высокая надежность при условии регулярного технического обслуживания. Правильный монтаж и регулярное обслуживание установки являются залогом её надежной работы и долговечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.2019 – Минск: Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «РУП Стройтехнорм», 2019. – 99 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника. Термины и определения: ГОСТ 12.2.047-86 – Введ. 01.07.1987 – Москва: Министерство внутренних дел СССР, 1987. – 23 с.
3. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 51043-2002. – Введ. 07.01.2003 – Москва: Технический комитет по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность», 2023. – 27 с.

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СПРИНКЛЕРНОГО ОРОСИТЕЛЯ С РАЗРЫВНЫМ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Бунто И.А., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

Спринклерный ороситель - ороситель, выходное отверстие которого в дежурном режиме работы закрыто запорным устройством, а имеющийся разрывной термочувствительный элемент срабатывает (разрушается) при повышении температуры в зоне установки оросителя, освобождая выходное отверстие оросителя [1, 2].

Одним из видов разрывного термочувствительного элемента является термоколба. Термоколба – это герметичный стеклянный сосуд, заполненный специальной жидкостью, которая расширяется при повышении определенной температуры, тем самым разрушая его.

Согласно [3] спринклерный ороситель – ороситель с запорным устройством выходного отверстия, вскрываемым при срабатывании теплового замка (термоколбы).

Основными составными элементами спринклерного оросителя являются корпус, розетка и термоколба. В дежурном режиме система трубопроводов заполнена и находится под избыточным давлением огнетушащих веществ или воздуха (в случае применения спринклерной воздушной установки). При этом система остается герметичной, так как выходное отверстие оросителя закрыто запорным устройством, которое плотно прижато к корпусу оросителя через уплотнительный элемент.

Основные элементы спринклерного оросителя с разрывным термочувствительным элементом (термоколбой) приведены на рисунке 2 [1].

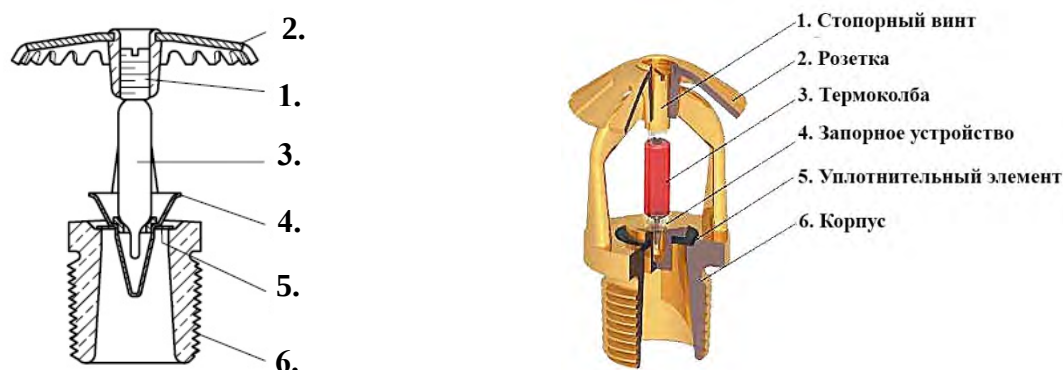


Рисунок 1. – Конструкция спринклерного оросителя с разрывным термочувствительным элементом (термоколбой)

В стеклянной термоколбе содержится жидкость с высоким температурным коэффициентом расширения, которая при повышении температуры в зоне установки спринклерного оросителя (при развитии пожара) и достижении номинальной температуры срабатывания оросителя, расширяется и разрушает термоколбу. Это приводит к открытию выходного отверстия спринклерного оросителя и подаче огнетушащего вещества непосредственно в зону пожара [1, 2].

Срабатывание спринклерного оросителя с разрывным термочувствительным элементом (термоколбой) представлено на рисунке 2.



Рисунок 2. – Срабатывание спринклерного оросителя с разрывным термочувствительным элементом (термоколбой)

Строительными нормами [3, 4] также определен перечень допустимых номинальных температур срабатывания от 57 до 343 °С. Спринклерные оросители с различной номинальной температурой срабатывания представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. – Спринклерные оросители с различной номинальной температурой срабатывания

Номинальная температура срабатывания спринклерных оросителей, предельное отклонение номинальной температуры срабатывания, номинальное время срабатывания и маркировочный цвет жидкости в стеклянной термоколбе определены требованиями согласно [3] и представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Номинальная температура срабатывания спринклерных оросителей, предельное отклонение номинальной температуры срабатывания, номинальное время срабатывания и маркировочный цвет жидкости стеклянной термоколбы.

Номинальная температура срабатывания оросителя, °С	Предельное отклонение номинальной температуры срабатывания оросителя, °С	Номинальное время срабатывания, с, не более	Маркировочный цвет жидкости в стеклянной термоколбе (разрывном термочувствительном элементе)
1	2	3	4
57	±3	300	Оранжевый
68	±3	300	Красный
72	±3	330	То же
74	±3	330	»
79	±3	330	Желтый
93	±3	380	Зеленый
100	±3	380	То же
121	±5	600	Голубой
141	±5	600	То же
1	2	3	4
163	±5	600	Фиолетовый
182	±5	600	То же
204	±7	600	Черный
227	±7	600	То же

240	± 7	600	»
260	± 7	600	»
343	± 7	600	»

Спринклерные оросители, применяемые в установках пожаротушения, должны соответствовать спецификациям проекта и иметь технические паспорта и сертификаты соответствия. Поэтому технические характеристики спринклерных оросителей, номинальная температура срабатывания, номинальное время срабатывания и маркировочный цвет жидкости стеклянной термоколбы проверяется при проведении сертификационных испытаний на соответствие требованиям ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. «Основные преимущества применения спринклерных установок пожаротушения для защиты зданий и сооружений» – Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация №1 (57) – 2025 – 120-127 с. DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2025.1-57.120-127>
2. «Исследование влияния различных жидкостей, применяемых при определении номинальной температуры срабатывания разрывного термочувствительного элемента спринклерных оросителей, на фактически полученные значения» – Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация №1 (58) – 2025 – 86-96 с. DOI: DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2025.2-58.85-96>
3. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 51043-2002. – Введ. 07.01.2003 – Москва: Технический комитет по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность», 2023. – 27 с.
4. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.2019 – Минск: Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «РУП Стройтехнорм», 2019. – 99 с.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОМИНАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СРАБАТЫВАНИЯ РАЗРЫВНОГО ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА СПРИНКЛЕРНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ

Бунто И.А., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

Показатель номинальной температуры срабатывания проверяется при проведении сертификационных испытаний на соответствие требованиям ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения

автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» [1]. При этом при проведении испытаний в качестве рабочей жидкости допускается использовать жидкости, имеющие температуру кипения большую, чем номинальная температура срабатывания спринклерного оросителя.

Описание установки для определения теплостойкости и температуры срабатывания термоколбы спринклерного оросителя:

Исследования номинальной температуры срабатывания разрывного термочувствительного элемента спринклерных оросителей в жидкой ванне с различной средой заполнения проводились по программе проведения исследований [2], разработанной НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси с применением установки для определения теплостойкости и температуры срабатывания теплового замка спринклерного оросителя (далее – установка).

Установка предназначена для проведения исследований по определению устойчивости к смене температур, теплостойкости и температуры срабатывания теплового замка (термоколбы) спринклерного оросителя с номинальной температурой срабатывания от 57 до 240 °С.

Установка состоит из корпуса прямоугольной формы, в который вмонтирована сенсорная панель оператора, через которую осуществляется управление режимами работы установки, а также визуальный контроль температуры срабатывания спринклерного оросителя. Для помещения оросителей в установку применяется переносной модуль, оснащенный механизмом контроля срабатывания спринклерного оросителя, при этом температура срабатывания оросителя фиксируется на сенсорной панели оператора. Для предотвращения попадания осколков термоколб (в результате их разрушения) в общий объем рабочей жидкости, переносной модуль оснащен защитной сеткой. Для контроля температуры рабочей жидкости установка оборудована датчиками температуры (термометры сопротивления). Равномерный нагрев рабочей жидкости осуществляется при помощи нагревательного элемента и механизма перемешивания.

Согласно методам испытаний, приведенным в [1], установка имеет три автоматические программы по проверке устойчивости теплового замка (термоколбы) к воздействию смены температур, устойчивости к воздействию повышенной температуры и проверке температуры срабатывания. Также предусмотрена работа установки в ручном режиме. Имеется возможность нагрева рабочей жидкости с регулируемой скоростью нарастания температуры до 250 °С и поддержания необходимой температуры на протяжении установленного оператором времени. Внешний вид установки приведен на рисунке 3.



Рисунок 3. – Внешний вид установки для определения теплостойкости и температуры срабатывания теплового замка спринклерного оросителя

Порядок проведения исследований номинальной температуры срабатывания спринклерных оросителей в жидкой ванне с различной средой заполнения [2, 3]:

В испытательную установку заливается рабочая жидкость, необходимого объема, и подогревается до температуры $20 \pm 5^\circ\text{C}$. В качестве рабочей жидкости для проведения исследований применялись вода и полиметилсилоксановая жидкость (силиконовая смазка) ПМС-200.

После достижения необходимой температуры рабочей жидкости в установку устанавливаются 5 спринклерных оросителей с одинаковой номинальной температуры срабатывания. При этом все оросители должны иметь термоколбу одного изготовителя.

Для проведения исследований произвольно отбирались спринклерные оросители с номинальной температурой срабатывания 93°C в количестве 10 штук для каждого вида термоколбы:

- с термоколбой диаметром 5 мм (термоколба стандартного реагирования);
- с термоколбой диаметром 3 мм (термоколба быстрого реагирования).

Перед началом исследований спринклерные оросители осматривались на отсутствие видимых механических повреждений и заводских дефектов.

После установки оросителей температуру рабочей жидкости в установке поднимали до $73 \pm 2^\circ\text{C}$ со скоростью не более $10^\circ\text{C}/\text{мин}$. Оросители при этой температуре выдерживали в течение не менее 10 мин. После выдержки в течение не менее 10 мин температуру рабочей жидкости повышали с постоянной скоростью не более $1^\circ\text{C}/\text{мин}$ до тех пор, пока термоколба не разрушится, при этом фиксируется температура срабатывания каждого сработавшего оросителя.

Каждому из исследуемых типов оросителей присваивается идентификационный номер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 51043-2002. – Введ. 07.01.2003 – Москва: Технический комитет по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность», 2023. – 27 с.
2. Программа проведения исследований от 02.05.2025, 2025. – 8 с.
3. «Исследование влияния различных жидкостей, применяемых при определении номинальной температуры срабатывания разрывного термочувствительного элемента спринклерных оросителей, на фактически полученные значения» – Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация №1 (58) – 2025 – 86-96 с. DOI: DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2025.2-58.85-96>.

ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СРЕД ЗАПОЛНЕНИЯ ЖИДКОЙ ВАННЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НОМИНАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СРАБАТЫВАНИЯ РАЗРЫВНОГО ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА СПРИНКЛЕРНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ

Бунто И.А., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

Основными техническими характеристиками оросителей являются интенсивность и равномерность орошения, а также номинальная температура срабатывания. Первые две характеристики зависят исключительно от конструктивного исполнения оросителя и его рабочего давления, номинальная температура срабатывания же зависит от вида выбранного разрывного термочувствительного элемента. Однако оросители с одним конструктивным исполнением могут иметь различную номинальную температуру срабатывания за счет применения различных тепловых замков.

В Республике Беларусь нормы проектирования пожарной автоматики, в том числе спринклерных установок пожаротушения, установлены строительными нормами СН 2.02.03-2019 «Пожарная автоматика зданий и сооружений» [1].

Согласно требованиям, установленным в строительных нормах [1], спринклерные установки пожаротушения следует устанавливать в помещениях или в оборудовании с учетом предельно допустимой температуры окружающей среды в зоне их расположения и номинальной температуры срабатывания оросителей [2, 3].

Предельно допустимую рабочую температуру окружающей среды в зоне расположения спринклерных оросителей принимают по максимальному значению температуры в одном из следующих случаев [1]:

- по максимальной температуре, которая может возникнуть по технологическому регламенту либо вследствие аварийной ситуации технологического оборудования;
- вследствие нагрева покрытия защищаемого помещения под воздействием солнечной тепловой радиации.

Строительными нормами также определен перечень допустимых номинальных температур срабатывания от 57 до 343 °С.

Показатель номинальной температуры срабатывания проверяется при проведении сертификационных испытаний на соответствие требованиям ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» [4].

При этом при проведении испытаний в качестве рабочей жидкости допускается использовать жидкости, имеющие температуру кипения большую, чем номинальная температура срабатывания спринклерного оросителя. Спринклерные оросители с различной номинальной температурой срабатывания представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. – Спринклерные оросители с различной номинальной температурой срабатывания

Анализ заявок, поступивших в испытательный центр НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси на проведение сертификационных испытаний спринклерных оросителей, показал, что наиболее часто на испытания поступают спринклерные оросители с номинальной температурой срабатывания 57 °С, 68 °С и 93 °С. Это обусловлено тем, что предельно допустимая рабочая температура окружающей среды в зоне расположения спринклерных оросителей в большинстве случаев не превышает 70 °С.

Согласно [4] испытания спринклерных оросителей необходимо проводить при нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды» [5], в диапазоне атмосферного давления 84,0 – 106,7 кПа. При этом

согласно справочным данным [6] кипение воды в диапазоне давлений 84,0 – 106,7 кПа происходит при температуре от 95,15 до 101,40 °С.

Кипение – это процесс интенсивного парообразования, который происходит в жидкости как на свободной её поверхности, так и внутри её структуры. При этом в объёме жидкости возникают границы разделения фаз, то есть на стенках сосуда образуются пузырьки, которые содержат воздух и насыщенный пар [7, 8].

Проведение испытаний по проверке номинальной температуры срабатывания проводят путем нагрева оросителей в жидкой ванне с рабочей жидкостью объемом не менее 3 дм³ на каждый ороситель. При этом в качестве рабочей жидкости допускается использовать жидкости, имеющие температуру кипения большую, чем номинальная температура срабатывания спринклерного оросителя (например: вода, глицерин, минеральные или синтетические масла) [4].

Таким образом, при проведении испытаний по проверке номинальной температуры срабатывания спринклерных оросителей с номинальной температурой срабатывания 93 °С допускается применять воду, исходя из физико-химических свойств воды. Результат испытаний считают положительным, если термоколба спринклерного оросителя разрушается в пределах температурного диапазона 93 ± 3 °С.

Учитывая, что температура кипения воды имеет пограничное значение с верхним пределом допустимой номинальной температуры срабатывания – 96 °С, с целью определения влияния физических процессов, предшествующих и сопровождающих процесс кипения воды, на температуру разрушения термоколбы спринклерного оросителя, были проведены практические исследования по определению номинальной температуры срабатывания спринклерных оросителей с температурой срабатывания 93 °С в двух различных средах: вода и полиметилсилоксановая жидкость ПМС-200[7].

В качестве рабочей жидкости для проведения исследований применялись вода и полиметилсилоксановая жидкость (силиконовая смазка) ПМС-200.

Для проведения исследований произвольно отбирались спринклерные оросители с номинальной температурой срабатывания 93 °С в количестве 10 штук для каждого вида термоколбы:

- с термоколбой диаметром 5 мм (термоколба стандартного реагирования);

- с термоколбой диаметром 3 мм (термоколба быстрого реагирования).

При этом все оросители должны иметь термоколбу одного изготовителя.

Каждому из исследуемых типов оросителей присвоен идентификационный номер согласно таблице 2.

Таблица 2. – Идентификационные признаки выбранных оросителей

Идентификационный номер оросителя	Диаметр термоколбы, мм	Номинальная температура срабатывания, °С	Монтажное расположение	Коэффициент производительности
1	3	93	Розеткой вверх	0,47
2	5			

Результаты определения номинальной температуры срабатывания спринклерных оросителей в зависимости от вида выбранной рабочей жидкости (вода, полиметилсилоксановая жидкость (силиконовая смазка) ПМС-200) и диаметра термоколбы спринклерного оросителя представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Фактически получение значения номинальной температуры срабатывания спринклерных оросителей в зависимости от вида выбранной рабочей жидкости

Таблица 1. Испытания жидкостей							
Идентификационный номер оросителя	Диаметр термоколбы, мм	Номинальная температура срабатывания, °С	Порядковый номер оросителя	Вид рабочей жидкости, в которой проводились исследования по определению номинальной температуры срабатывания	№ опыты	Фактически полученное значение номинальной температуры срабатывания, °С	Допустимое значение номинальной температуры срабатывания, °С, в соответствии с требованием пункта 5.1.1.6 ГОСТ Р 51043-2002
1	3	93	1	Вода	1	88,8	93 ± 3
			2			89,2	
			3			89,8	
			4			90,2	
			5			90,2	
			1	Полиметилсил оксановая жидкость (ПМС-200)	2	90,2	
			2			92,1	
			3			94,8	
			4			95,4	
			5			95,8	
2	5		1	Вода	3	90,6	
			2			91,1	
			3			91,2	
			4			91,9	
			5			92,1	
			1	Полиметилсил оксановая жидкость (ПМС-200)	4	94,8	
			2			95,2	
			3			95,2	
			4			95,3	
			5			95,5	

Проанализировав полученные результаты, следует отметить, что спринклерные оросители с диаметром термоколбы 3 мм (термоколба быстрого реагирования) в среднем срабатывают при температуре на 1,5 – 1,7 °С ниже, чем оросители с термоколбой диаметром 5 мм (термоколба стандартного реагирования).

Часть полученных результатов в опыте № 1, при проведении которого в качестве рабочей жидкости применялась вода, не попадают в допустимый диапазон значений номинальной температуры срабатывания, установленный в [4].

При этом при проведении испытаний аналогичных спринклерных оросителей с применением в качестве рабочей жидкости полиметилсилоксановой жидкости, температура кипения которой на порядок больше, чем номинальная температура срабатывания, испытываемого спринклерного оросителя, получены результаты, удовлетворяющие требованиям [4].

При проведении испытаний спринклерных оросителей, в случае, когда в качестве рабочей жидкости применялась вода, разрушение термоколбы в среднем происходило при температуре на 3,8 – 4,0 °С ниже, по сравнению с температурой разрушения термоколб в аналогичных испытаниях, при проведении которых в качестве рабочей жидкости применялось полиметилсилоксановая жидкость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.2019 – Минск: Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «РУП Стройтехнорм», 2019. – 99 с.
2. «Основные преимущества применения спринклерных установок пожаротушения для защиты зданий и сооружений» – Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация №1 (57) – 2025 – 120-127 с. DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2025.1-57.120-127>
3. «Исследование влияния различных жидкостей, применяемых при определении номинальной температуры срабатывания разрывного термочувствительного элемента спринклерных оросителей, на фактически полученные значения» – Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация №1 (58) – 2025 – 86-96 с. DOI: DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2025.2-58.85-96>
4. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 51043-2002. – Введ. 07.01.2003 – Москва: Технический комитет по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность», 2023. – 27 с.
5. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды»: ГОСТ 15150-69 – Введ. 01.07.1971 – Москва: М.Л.Оржаховский (руководитель разработки); З.С.Боголюбова; Г.В.Козлова, канд. техн. наук; И.П.Меллер; М.С.Пинзур; Е.А.Судьин; В.М.Строганова; Г.П.Стрелкова; Г.Н.Трубецкая, 1969. – 57 с.
6. Большой химический справочник. А.И. Волков, И.М. Жарский – Минск: Современная школа, 2005. – 607 с.
7. Программа проведения исследований от 02.05.2025, 2025. – 8 с.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ

Василекина Н.Н., Гараев Ю.В.

Университет гражданской защиты

Дисперсность пены характеризуется средним размером пузырьков, их распределением по размерам и величиной поверхности раздела «раствор–газ» на единицу объема пены. Ключевыми методами определения пены низкой кратности (кратность <10) являются методы, учитывающие плотную структуру и малый объем газа [1].

Метод лазерной дифракции основан на определении распределения частиц по размерам путем анализа рассеяния лазерного света частицами, определяет распределение размеров частиц в диапазоне 0,1–1000 мкм.

Принцип действия данного метода заключается в следующем: лазерный луч проходит через образец, который состоит из дисперсных частиц, далее частицы рассеивают свет, отклоняя его от первоначального пути под разными углами. Размер данных частиц обратно пропорционален углу рассеяния: мелкие частицы рассеивают свет под большим углом, крупные – под малым углом. Интенсивность рассеянного света измеряется в зависимости от угла детекторами, далее рассчитывается распределение частиц по размерам с использованием теории Фраунгофера [2].

Метод лазерной дифракции имеет ряд преимуществ: данный метод является универсальным (применяется для различных типов образцов); позволяет делать сотни измерений в день; позволяет измерять частицы размером до нескольких миллиметров.

Метод оптической микроскопии строится на измерении размеров отдельных пузырьков на изображении. Для данного метода используется капиллярная сетка, куда помещается пена определенного объема. Под оптическим микроскопом образец рассматривается, изображение фиксируется с помощью камеры. Данное изображение анализируется с помощью специального программного обеспечения. Программа подсчитывает количество пузырьков, определяет их границы и измеряет каждый пузырек. На основе собранных программой данных рассчитывается средний размер пузырьков. Таким образом определяется дисперсность пены [3].

Метод оптической микроскопии имеет как преимущества, так и ряд недостатков. К преимуществам относятся высокая точность определения дисперсности, возможность получения дополнительной информации о форме пузырьков и их структуре, а также объективность результатов за счет компьютерной обработки данных, исключающей человеческий фактор. Однако метод требует значительных затрат времени на анализ образца и обработку изображений, использования специализированного оборудования и

программного обеспечения, а также осторожного отбора пробы для предотвращения разрушения структуры.

Ультразвуковой метод опирается на анализ взаимодействия ультразвука с пеной, на изменение его характеристик при прохождении через нее. Ультразвуковые волны вызывают пульсацию пузырьков пены и создают турбулентные потоки, что приводит к разрушению пены или изменению ее характеристик. Измеряют изменения в характеристиках ультразвука после его взаимодействия с пеной, такие как: изменение амплитуды и фазы волны (в зависимости от дисперсности пены), изменение скорости распространения звука (скорость звука зависит от плотности пены, которая связана с размером пузырьков). Для определения дисперсности пены полученные данные сравнивают с калибровочными значениями. Преимущества данного метода – неразрушающий контроль (ультразвуковой метод не повреждает пену и позволяет производить измерения в реальном времени); обеспечивает высокую точность к измерениям в дисперсной системе пены; возможность автоматизации процесса измерений позволяет использовать метод в автоматизированных системах контроля качества [4].

Электрический метод включает измерение сопротивления пенного слоя при пропускании через него постоянного или переменного тока. Электрический ток пропускают через пену и измеряют ее сопротивление. Величина сопротивления зависит от количества и размера пузырьков газа, так как пузырьки являются непроводящими элементами в ионной среде пены. По мере уменьшения размера пузырьков общая площадь межфазной поверхности «раствор-газ» возрастает. Это приводит к увеличению общего пути, который должен пройти электрический ток, что выражается в увеличении общего электрического сопротивления пены.

Развитие методов определения дисперсности способствует оптимизации свойств пены низкой кратности, улучшая эффективность ее применения в различных областях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Клуб пожарных [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://fireman.club/presentations/pena-i-penoobrazovatelyi-naznachenie-vidyi-sostavi-svoystva/> - Дата доступа: 06.12.2025.
2. Лазерная дифракция [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kdsi.ru/tekhnologii/lazernaya-difraktsiya/> - Дата доступа: 06.12.2025.
3. Повышение огнетушащей эффективности пены в автоматических установках пожаротушения // Инженерно-физический журнал. – 2025. – Т. 86, № 3. – Май–июнь.
4. Официальный сайт Российского химико-биологического университета имени Д.И.Менделеева [Электронный ресурс] // Muctr.ru. – Режим доступа: <https://www.muctr.ru/upload/iblock/637/6375684f7634dcfa06713798a00fd5b8.pdf> - Дата доступа: 06.12.2025.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКЕЛА РАЗБИТИЯ СТРУИ О СЕТКУ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ

Галузо В.С., Марушко Е.О., Гараев Ю.В.

Университет гражданской защиты

Согласно статистическим данным, в Республике Беларусь ежегодно происходит более 5000 техногенных чрезвычайных ситуаций, из которых большую часть составляют пожары. В настоящее время для ликвидации горения многих видов пожаров широко используются пенообразователи, которые являются одним из наиболее эффективных и удобных огнетушащих веществ.

В Республике Беларусь имеется более 50 крупных предприятий химической промышленности, использующих в технологическом цикле легковоспламеняющиеся и горючие жидкости.

Для тушения горючих жидкостей в резервуарах, используют факелы разбития струи о сетку пены низкой кратности они позволяют эффективно подавать пену на большие площади, создавая устойчивый слой на поверхности горючего [1].

Факел разбития струи пены низкой кратности представляет собой сложный гидродинамический процесс, характеризующийся диспергированием непрерывного потока пены в мелкодисперсные фрагменты при прохождении через сетчатую преграду. Этот механизм осуществляется за счет столкновения струи с ячейками сетки, что вызывает разрушение пенных пленок и увеличивает площадь взаимодействия пены с горючей поверхностью, улучшая качество пожаротушения и предотвращая повторное возгорание. При этом устойчивость пены прямо связана с кратностью, а сетка улучшает однородность структуры струи, уменьшая разрушение пенных пузырьков при выходе из ГПС [2].

Ключевыми факторами, влияющими на форму и размеры факела, являются:

– кратность пены, определяющая объемно-массовое соотношение воздуха и пенообразующего раствора. Кратность пены определим путем отношения объема пены V_n к объему жидкой фазы $V_{ж}$, из которого она получена:

$$K = \frac{V_n}{V_{ж}} = \frac{V_{г} + V_{ж}}{V_{ж}} \quad (1)$$

– скорость подачи струи пены, которая зависит от давления в системе, которое создает насос;

– размер и форма ячеек сетки, влияющие на степень фрагментации пены. Для получения наибольшей фрагментации следует выбирать сетки с мелкими, однородными ячейками, а для снижения фрагментации используйте сетки с крупными и неоднородными ячейками;

– физико-химические свойства пенообразователя, включая поверхностное натяжение и стабильность пленок [3].

Для определения факела разбития через сетку пены низкой кратности можно провести некоторые эксперименты:

1. Проведение серии испытаний с различными типами сеток и оросителей, фиксируя изменение кратности пены после прохождения через сетку. Оценивают изменение размеров пузырьков и структуру пены, что отражает степень разбития факела.

2. Визуальное наблюдение и фотографирование факела пены после выхода из сетки с измерением длины факела, угла раскрытия и равномерности распределения пены. Используются камеры высокого разрешения и методы цифровой обработки изображений для количественной оценки.

3. Испытания по измерению времени устойчивости пены и скорости разрушения пенных структур после прохождения через сетку. Это позволяет оценить, насколько разбитие сказывается на огнетушащих свойствах и времени удержания пены.

4. Использование специализированных приборов для оценки размера пузырьков до и после сетки, например, с помощью микроскопии, что помогает понять эффективность сетки в формировании факела.

5. Измерение динамики давления и расхода пенной смеси до и после сетки, чтобы оценить влияние разбития на гидравлические характеристики струи и стабильность факела [4].

Эти эксперименты дают комплексное представление о процессе разбития пены через сетку, влиянии параметров установки на качество и эффективность факела, и позволяют оптимизировать конструкцию сетки для пожаротушения пенообразования низкой кратности.

Определение параметров факела разбития струи пены низкой кратности является важным направлением в развитии технологий пожаротушения. Учет гидродинамических и химических факторов позволяет создавать более эффективные системы подачи пены, обеспечивающие надежное покрытие горючих поверхностей и минимизацию расхода пенообразователя.

Таким образом, изучение и определение параметров факела разбития струи о сетку пены низкой кратности является важным направлением для совершенствования технологий пожаротушения с использованием пенообразователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Источники: - Фещенко А.Н., диссертация по пенообразующим смесям, 2020[1] - Тихомиров В.К., «Пены», 2006[2] - Шароварников А.Ф., «Пенообразователи и пены для тушения пожаров», 2005[3] - Статья «Об эффективности тушения пожара воздушно-механической пеной низкой кратности», 2025.

2. Разрушение пен. Механизмы разрушения пен [Электронный ресурс] // Colloidchem. – 2025. – URL: <https://xumuk.ru/colloidchem/200.html> (дата обращения: 01.12.2025).

1. Шароварников А. Ф. Пенообразователи и пены : для тушения пожаров: [учебное пособие] [Электронный ресурс] / А. Ф. Шароварников. – Минск, 2005. – URL: https://mchs.fun/wp-content/uploads/2021/07/sharovarnikov-a.f.-penoobrazovateli-i-peny-dlya-tusheniya-pozharov_2005.pdf (дата обращения: 01.12.2025).

3. Об эффективности тушения пожара воздушно-механической пеной низкой кратности, формируемой генераторами пены [Электронный ресурс] // CyberLeninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-effektivnosti-tusheniya-pozhara-vozdushno-mehanicheskoy-penoy-nizkoy-kratnosti-formiruemyoy-generatorami-peny> (дата обращения: 01.12.2025).

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Герасименко С.И., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

Промышленные сточные воды – неизбежный побочный продукт производственных процессов. Их состав и объем зависит от типа предприятия и используемых технологий. Основным критерием при выборе технологии очистки промышленных сточных вод является состав воды, а именно наличие в ней тех или иных загрязнителей. В зависимости от состава воды проектируются локальные и общие системы очистки сточных вод промышленных предприятий.[1]

Нормы состава промышленных стоков для сброса в канализацию [1-3].

Сброс промышленных стоков в системы канализации регулируется строгими нормами. Основные требования к составу сточных вод включают: отсутствие абразивных материалов – твердые частицы, способные оседать и повреждать трубы;

- нейтральность – сточные воды не должны содержать агрессивных химических веществ (сильных кислот и щелочей), которые способны разрушать материалы оборудования;

- безопасность – отсутствие взрывоопасных и радиоактивных веществ;

- температура – не выше 40 градусов Цельсия;

- уровень pH – в пределах 6,5-8,5.

Превышение этих параметров может привести к серьезным проблемам в работе очистных сооружений (ОС) и загрязнению окружающей среды.

Виды промышленных сточных вод и особенности их состава [3, 4].

Промышленные стоки по своему составу делятся на три основные группы:

1. Неорганические. Содержат минеральные вещества, такие как хлориды, сульфаты, нитраты, а также тяжелые металлы, щелочи и кислоты. Источником таких стоков являются заводы, производящие соду, удобрения, металлургические предприятия.

2. Органические. Содержат органические соединения, например, нефтепродукты, масла, жиры, остатки сырья. Такие стоки характерны для предприятий пищевой промышленности, органического синтеза, нефтеперерабатывающих заводов.

3. Смешанные. Содержат как органические, так и неорганические загрязняющие вещества. К этой группе относятся стоки гальванических и текстильных производств, где могут присутствовать кислоты, щелочи, металлы, органические красители.

В большинстве случаев именно от состава сточных вод каждого предприятия и зависит выбор конкретного метода очищения. [1-4]

Технологии очистки

Для очистки промышленных стоков применяют следующие основные методы: механический, химический, физико-химический, биологический.

Чаще всего на практике используется комбинированная схема очистки. Она включает в себя несколько технологий. Так обеспечивается достижение максимально глубокой степени очистки.

– Механический:

Механическая очистка – первый этап обработки сточных вод. Основная цель заключается в удалении крупных и взвешенных частиц. Она включает в себя следующие методы:

1. Процеживание. На этом этапе убирают крупные куски мусора и волокна, чтобы дальше очистное оборудование работало без проблем. Воду просто пропускают через решетки, которые задерживают все лишнее.

2. Отстаивание. Применяются отстойники, где под действием силы тяжести происходит осаждение твердых частиц на дно резервуара.

3. Центрифугирование. Разделение твердых фракций происходит во вращающемся водяном потоке.

4. Фильтрация. Используются фильтры различных типов для отделения более мелких взвесей.

Из оборудования используются механические устройства и резервуары, включая решетки, песколовки, предназначенные для удаления песка и других абразивных частиц, отстойники, нефтеловушки для отделения нефтепродуктов, масел и других легких жидкостей от воды [5].

– Химический:

Химическая очистка заключается в использовании химических реагентов для нейтрализации, осаждения или изменения состава загрязняющих веществ. Основные методы:

1. Коагуляция. Введение коагулянтов, которые способствуют укрупнению мелких частиц и их последующему осаждению.

2. Флокуляция. Использование флокулянтов (органических полимеров) для образования крупных хлопьев из коагулированных частиц.

3. Нейтрализация. Применение кислот или щелочей для доведения pH сточных вод до нейтрального значения. В качестве окислителей применяются хлор, озон или пероксиды.

4. Ионный обмен. Для удаления ионов тяжелых металлов могут использоваться ионообменные смолы.

Эти методы позволяют удалить растворенные вещества и снизить концентрации опасных элементов [5, 6].

– *Физико-химический:*

Методика объединяет физические и химические процессы для удаления органики, а также соединений, плохо поддающихся окислению. Основные способы очищения:

1. Флотация. Введение в сточные воды воздуха под давлением, что приводит к образованию пузырьков, которые прилипают к частицам загрязнений и выносят их на поверхность.

2. Мембранные методы. Использование мембранных фильтров для отделения загрязняющих веществ, что позволяет получить чистую воду с высокой степенью очистки.

3. Сорбция. Очистка воды с помощью специальных материалов (сорбентов), которые впитывают в себя растворённые загрязнения, как губка. Вода проходит через сорбент, он задерживает вредные вещества, а чистая вода идёт дальше. Сорбция хорошо убирает органику, тяжёлые металлы и нефтепродукты, а сорбенты потом меняют или чистят.

Физико-химические методы позволяют удалить мелкодисперсные частицы и растворенные примеси, даже те, что сложно удалить другими способами [1, 5, 6].

– *Биологический:*

Способ основан на использовании микроорганизмов, которые разлагают органические загрязнения. Бывает искусственная, когда процесс очищения происходит посредством специально разработанного оборудования, и естественная с применением, например, биологических прудов.

Основные способы:

1. Аэробный. Это когда микроорганизмы с помощью кислорода разлагают загрязнения в воде. Применяют аэротенки – резервуары, в которые подается воздух для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов (активный ил), разлагающих органические вещества. Также используются биофильтры с загрузкой, на которой формируется биологическая пленка из микроорганизмов и станции биологической очистки.

2. Анаэробный. Микроорганизмы в этом случае разлагают загрязнения в воде без доступа кислорода. Применяются преимущественно метатанки.

Биологическая очистка является важным этапом для удаления органических загрязнений и снижения уровня БПК (биологического потребления кислорода).

Одним из ярких примеров является нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность: Основные загрязнители – нефтепродукты, ПАВ, фенолы, сульфиды. Наиболее эффективны: флотация, сорбция, биологическая очистка (включая анаэробные методы для концентрированных стоков) [1, 5].

Контроль качества.

Степень загрязнения сточных вод оценивается концентрацией, т.е. массой примесей в единицу объема в мг/л или г/куб. м. Состав сточных вод регулярно анализируется. Проводятся санитарно-химические анализы по определению: величины ХПК (общая концентрация органических веществ); БПК (концентрация органических соединений, окисляемых биологическим путем); концентрации взвешенных веществ; активной реакции среды; интенсивности окраски; степени минерализации; концентрации биогенных элементов (азота, фосфора, калия) и др. Следует отметить, что традиционные методы наблюдений и контроля имеют один принципиальный недостаток: они неоперативны и, кроме того, характеризуют состав загрязнений объектов природной среды только в моменты отбора проб. Более действенным является контроль качества воды, осуществляемый с помощью автоматических приборов. Электрические датчики постоянно измеряют концентрации загрязнений, что способствует быстрому принятию решений в случае неблагоприятных воздействий на источники водоснабжения. Для оперативного контроля качества воды в тех пунктах, где нет автоматических станций, в составе системы работают передвижные лаборатории. Количество производственных сточных вод определяется в зависимости от производительности предприятия по укрупненным нормам водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности [1, 2, 4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные методы очистки сточных вод промышленных предприятий [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-ochistki-stochnyh-vod-promyshlennyh-predpriyatiy/viewer> – Дата доступа: 10.10.2025.
2. Современные методы очистки сточных вод: особенности применения и проблематика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-promyshlennyh-stochnyh-vod/viewer> – Дата доступа: 10.10.2025.
3. Анализ современных и перспективных способов воздействия на природные и сточные воды [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennyh-i-perspektivnyh-sposobov-vozdeystviya-na-prirodnye-i-stochnye-vody/viewer> – Дата доступа: 10.10.2025.
4. Матус Л.И., Нефедьева Е.Э. Конспект лекций по дисциплине «Методы очистки сточных вод». Часть 1: учеб. пособие // ТРВолгу. – Волгоград, 2017. – 88 с.

5. Шейна, А.Ф. Анализ современных биологических методов очистки сточных вод / А.Ф. Шейна // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем : сборник материалов 50-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 24–28 марта 2014 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: М. П. Батура [и др.]. – Минск, 2014. – С. 116–117.
6. Навесов Ш., Еримбетова А., Изтлеуов Г., Байбатырова Б., Досбаева А., Аскербекова А. Исследование процесса фильтрования сточных вод машиностроительного производства // Актуальные научные исследования в современном мире, 2017. – № 1–3 (21). – С. 138–142.

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ ПРИ НЕДОСТАТКЕ ВОДЫ, А ТАКЖЕ ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РАЙОНАХ БЕЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Герасименко С.И., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

Тушение пожаров при недостатке воды приводит к осложнению обстановки на пожаре, создает дополнительные трудности в его тушении. Статистика показывает, что на протяжении ряда последних лет практически неизменным остается обстоятельство и условие развития пожара до крупных размеров (наряду с другими) – неудовлетворительное противопожарное состояние объекта.

Особенности тушение пожаров при недостатке воды:

При проведении боевых действий по тушению пожара в условиях недостатка воды должны осуществляться:

- принятие мер к использованию других огнетушащих веществ;
- организация подачи пожарных стволов только на решающем направлении, при этом локализация пожара на других участках обеспечивается путем разборки конструкций и создания необходимых разрывов;
- проведение дополнительной разведки водоисточников для выявления запасов воды (артезианских скважин, чанов, градирен, колодцев, стоков воды);
- организация подачи воды на тушение развившихся пожаров с помощью насосных станций, морских и речных судов, пожарных поездов, а также перекачкой насосами автоцистерны (далее – АЦ);
- применение пожарных стволов в количестве, обеспечивающем непрерывную работу с учетом запасов и подвоза воды;
- проведение организованной заправки АЦ горючим и огнетушащими веществами;
- пополнение водоемов малой емкости;
- организация строительства временных пожарных водоемов и пирсов при тушении крупных, сложных и продолжительных пожаров;

– принятие мер по повышению давления в водопроводе, а при недостаточном давлении – забор воды из колодца пожарного гидранта через жесткие всасывающие пожарные рукава;

– организация работы по предотвращению распространения горения путем разборки конструкций, удаления горящих предметов и отдельных конструкций здания (сноса зданий и сооружений), а также ликвидации горения подручными средствами и материалами [1].

Подача огнетушащих веществ перекачкой:

Перекачку воды насосами пожарных машин применяют, если расстояние от водоисточника до места пожара велико, напор, развиваемый одним насосом пожарной машины, недостаточен для преодоления потерь напора в рукавных линиях и создания рабочих струй. Наиболее рационален этот способ при удаленности места пожара до 2 км.

Перекачка применяется также при отсутствии подъезда к водоисточнику пожарных автомобилей. В этом случае применяют переносные мотопомпы или другие устройства, позволяющие забрать воду из труднодоступных мест.

Подача воды перекачкой может осуществляться:

- из насоса в насос,
- через промежуточную емкость,
- комбинированным способом.

Для перекачки воды автонасосами необходима полная синхронность их работы по всей линии, что достигается сохранением минимального напора каждого насоса в системе перекачки. При перекачке на водоисточник устанавливается наиболее мощный насос, а головной пожарный автомобиль устанавливается как можно ближе к месту пожара [1-3].

Подвоз воды автоцистернами:

Подвоз воды осуществляется при удаленности водоисточника более 2 км, а также если имеются сложности в заборе воды при отсутствии технических средств, позволяющих забрать воду в неблагоприятных условиях.

Схемы заправки пожарных автоцистерн или приспособленной техники могут быть различны: самостоятельный забор воды пожарной машиной; заправка емкости автоцистерны насосом пожарного автомобиля, пожарной мотопомпы заливкой или с помощью гидроэлеватора.

Особенности тушения пожаров в районах без централизованного водоснабжения:

Определению участков застройки, не обеспеченных водой для тушения в районе выезда пожарной части, должна предшествовать работа по определению водоотдачи водопроводной сети для пожаротушения в строгом соответствии с нормативными требованиями, изложенными в ТНПА. Проводя анализ водоотдачи для тушения пожаров водопроводных сетей, следует тщательно определить участки, которые не имеют водопроводных сетей, заранее построенных водоемов (резервуаров), а также естественных водоисточников (реки, озера, пруды и др.). Эти сведения должны быть нанесены на планшет водоисточников и подняты участки (площади) с необходимыми расчетами,

схемами получения воды (путем подвозки, перекачки) на случай тушения на них пожаров [4].

Организация подачи воды к месту пожара в безводных районах:

К безводным участкам относятся участки местности, где невозможен расход воды более 10 л/с, расстояние до водоисточника более 500 м или глубина забора более 7–10 м.

В сельской местности большое распространение получили водоёмы-копани, сооружение которых целесообразно в местах с высоким уровнем грунтовых вод, т.к. в этих условиях не требуется никаких гидроизоляционных материалов. Минимальной глубиной водоемов принято считать 2,5 м. Также используют водонапорные башни для забора воды на тушение пожаров, для чего в подающую напорную трубу вваривают металлический патрубок с запорным вентилем и соединительной головкой. Для отбора и подачи воды на тушение пожаров непосредственно от водонапорной башни насосами пожарных машин используют водосточный колодец, который заполняют водой открыванием задвижки, соединяющий резервуар водонапорной башни с грязеотводной трубой [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Терещев, В.В. Пожарная тактика / В.В. Терещев, А.В. Подгрушный. – Екатеринбург : Калан, 2007. – 538 с.
2. Боевой устав органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по организации тушения пожаров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/upload/iblock/48d/48d66a961965aa324edad9dd2133335d.pdf> – Дата доступа: 10.10.2025.
3. Специальное водоснабжение : учебник / М.Ю. Стриганова, В.В. Пармон, Я.С. Волчек, О.В. Бунто ; Ун-т гражданской защиты Мин-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь. – Минск : УГЗ, 2025. – 367 с.
4. Терещев В.В., Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В. Терещев – М.: Пожкнига, 2004 г. – 256 с.
5. Специальное водоснабжение : учеб. пособие / М.Ю. Стриганова, В.В. Пармон, Я.С. Волчек; Ун-т гражданской защиты Мин-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь. – Минск : УГЗ, 2021. – 274 с.

ПОВЫШЕНИЕ СОХРАННОСТИ РАСТВОРОВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Довнар Т.А., Навроцкий О.Д.

Университет гражданской защиты

Для эффективного подавления горения жидких горючих материалов широко применяют пенообразователи, которые являются одним из наиболее

эффективных и удобных огнетушащих веществ. По назначению пенообразователи подразделяют на две группы:

общего назначения – отличаются доступной стоимостью, активно используются подразделениями МЧС Республики Беларусь. Служат для получения пены и растворов смачивателей при тушении пожаров;

целевого назначения – применяются при крупных площадях возгорания горючих жидкостей. По огнетушащей эффективности превосходят пенообразователи общего назначения. [1].

Пенообразователи для тушения пожаров представляют собой растворы поверхностно-активных веществ (далее - ПАВ). Для улучшения эксплуатационных свойств в состав пенообразователей входят, как правило, минеральные и органические вещества, повышающие их морозостойкость и растворимость ПАВ в воде.

Основные виды ПАВ (алкилсульфаты, этоксилированные спирты, алкилбензолсульфонаты и др.) изучены достаточно хорошо: их производство оптимизировано, физико-химические свойства детально исследованы. Но на данный момент существует проблема с неблагоприятной экологической ситуацией, в связи с чем большим спросом на рынке начинают пользоваться биологически «мягкие» ПАВ, наносящие меньший вред окружающей среде.

Синтез ПАВ, быстрораспадающихся на нетоксичные, является одним из основных направлений в современной химии, так как молекулы традиционных ПАВ весьма устойчивы [3]. Главный мотив таких разработок – защита окружающей среды от токсичных веществ и предотвращение их накопления. Скорость биоразложения стала важнейшим критерием при выборе ПАВ для применения.

Стоит отметить, что среди крупнотоннажных ПАВ, используемых в быту и промышленности, химически нестойкими в обычных условиях являются лишь алкилсульфаты. В течение многих лет чувствительность алкилсульфатов к кислотному гидролизу рассматривалась как серьезная проблема. Ученые считали, что слабые гидролизующиеся связи в молекулах ПАВ могут быть причиной многих проблем при их хранении и использовании [3]. Алкилсульфаты часто используются в качестве одного из компонентов пенообразователей общего и целевого назначения. Гарантийный срок хранения концентратов пенообразователей общего назначения составляет до пяти лет, целевого назначения – порядка 5-10 лет. При этом реальные сроки хранения могут отличаться от заявленных производителем как в большую, так и в меньшую сторону.

Значительное количество пожароопасных объектов Республики Беларусь для защиты оборудованы стационарными установками автоматического пожаротушения, где в их составе хранятся рабочие растворы пенообразователей. Следует отметить, что рабочие растворы быстрее, чем концентрированные пенообразователи, утрачивают свои свойства, поэтому производители не гарантируют сохранности свойств пенообразователя при хранении рабочих растворов [2].

Срок хранения водных растворов пенообразователей уменьшается вследствие их биологической и химической деструкции (гидролиза). Для предотвращения биологической деструкции водных растворов пенообразователей в [4] предлагается использовать специальные биоциды. Для предотвращения химической деструкции предлагается использовать добавки специальных химических компонентов, стабилизирующих раствор пенообразователя [4].

Другим способом повышения сохраняемости растворов пенообразователей при хранении в стационарных системах пожаротушения является использование в составе пенообразователей специальных ПАВ, устойчивых к гидролизу и при этом биологически «мягких».

Наиболее сложным, но наиболее эффективным способом является использование в составе пенообразователя комбинации двух групп ПАВ с различным функциональным назначением. ПАВ из первой группы отвечают за кратность и устойчивость пены, ПАВ из второй – за стабилизацию раствора пенообразователя. Предполагается, что стабилизация раствора пенообразователя будет достигаться за счет маскировки продуктов разложения ПАВ первой группы.

В этой связи актуальным является исследование процесса стабилизации растворов пенообразователей за счет процесса мицеллообразования. Планируется найти такие ПАВ из второй группы, которые имеют низкую концентрацию мицеллообразования. За счет образования мицелл будут маскироваться продукты разложения основного ПАВ пенообразователя. ПАВ из второй группы, кроме низкой концентрации мицеллообразования, не должны снижать пенообразующую способность ПАВ первой группы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Навроцкий, О.Д. Пенообразователи для пожаротушения на основе анионных поверхностно-активных веществ и модифицирующих добавок, повышающих кратность пены: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.03 / О.Д. Навроцкий; Командно-инженерный институт МЧС Беларуси. – Минск, 2011. – 23 с.
2. Навроцкий, О.Д. Сохраняемость и регенерация пенообразователей для тушения пожаров / О.Д. Навроцкий, В.Н. Рябцев, И.Ю. Иванов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – . – Т. 4, № 1. – С. 32.
3. Юминова, А. А. Гидролизующие поверхностно-активные вещества / А. А. Юминова, С. А. Иларионов // Вестник Пермского университета. Серия: Химия. – 2011. – № 1(1). – С. 95-99.
4. ИНСТРУКЦИЯ о порядке применения пенообразователей для тушения пожаров. Зарегистрировано в национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 20 августа 2009 г. №8/21347. Утверждено Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 24.06.2009 № 32.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАТНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ ЧЕРЕЗ СЕТКУ

Домосканова Т.М., Гараев Ю.В.

Университет гражданской защиты

В условиях стремительного развития технологий и увеличения числа потенциально опасных объектов особое значение приобретает эффективность систем пожаротушения. Одним из наиболее перспективных и широко применяемых средств является пена низкой кратности [1], которая благодаря своим физико-химическим свойствам обеспечивает быстрое и надежное подавление очагов возгорания (она имеет хорошие показатели удерживаемости и растекаемости на поверхности, а потому подходит для создания паровых барьеров; состав обладает низкой плотностью и электропроводимостью, за счет чего может использоваться для тушения пожаров в помещениях с работающим оборудованием). Однако для достижения максимальной эффективности применения пены необходимо не только правильно подобрать состав, но и тщательно контролировать такие параметры, как кратность и устойчивость пены, в том числе при ее подаче через сетку. Для этого необходимо выполнить теоретический анализ факторов, определяющих кратность и устойчивость воздушно-механической пены низкой кратности, получаемой с использованием сетки.

Согласно техническим нормативно-правовым актам, выделяем параметры, контроль за которыми приведет к повышению эффективности пожаротушения [2]:

- кратность пены - безразмерная величина, равная отношению объема пены к объему раствора, содержащегося в пене [3]:

$$K = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{р}}} \quad (1)$$

где $V_{\text{п}}$ — объем мерной емкости, дм^3 ;

$V_{\text{р}}$ — объем раствора пенообразователя, дм^3 .

- устойчивость — способность сохранять общий объём, дисперсность и препятствовать вытеканию жидкости (синерезису).

Исходя из полученной информации можно сделать вывод о том, что площадь ячейки сетки оказывает влияние на кратность пены, поэтому для создания наиболее оптимальных параметров сетки необходимо провести экспериментальные исследования, используя различные площади ячеек сетки. На основании данных, полученных экспериментальным путем и изложенных в ранее изученных научных публикациях, можно сделать вывод, что при увеличении расхода раствора пенообразователя кратность пены с площадью одной ячейки не более 1 мм^2 падает. А вот при площади одной ячейки не менее 4 мм^2 наоборот будет увеличиваться [4].

Для проведения испытаний эффективности пены делают акцент на её физических свойствах. Физические свойства пены проверяются на расстояние осаждения в течение 1 часа и скорость испарения, а также форму и диаметр пены [5]. Определение расстояния осаждения и скорости испарения пены в течение 1 ч производится с помощью специального измерительного прибора (рис. 1).



Рисунок 1 - Прибор для измерения расстояния осаждения и скорости выделения пены в течение 1 часа

Объём прибора - 5,015 л. После отстаивания пены в течение 1 ч сначала по шкале на стенке сосуда определяют расстояние оседания поплавка на поверхности пены. Затем через стеклянную трубку, находящуюся в нижней части сосуда, пропускающей сконденсированную пенную жидкость, и определяют её массу m_1 . Полученную жидкость взвешивают, после чего по формуле (2) рассчитывают скорость выделения пены за 1 час:

$$\varepsilon = \frac{m_1}{\rho_1 \cdot V_1} \quad (2)$$

где ε — скорость выделения пены за 1 ч., %;

m_1 — масса пены (сконденсированной жидкости), полученной за 1 ч., г;

ρ_1 — плотность пены, г/мл;

V_1 — объём измерительного прибора, л.

Для дальнейшего изучения устойчивости пены проводим исследования с помощью оптического микроскопа [6]. Отбираем небольшое количество пены, затем помещаем его на чистое предметное стекло, слегка накрывая пену покровным стеклом и помещая под микроскоп. Установив необходимое увеличение на микроскопе, можем провести детальный анализ структуры и диаметра пены.

По итогам комплексной оценки методов, основанных на пропускании пены через сетку, можно сделать вывод о том, что данные способы обладают рядом преимуществ. Во-первых, они позволяют моделировать реальные

условия эксплуатации пены, когда она сталкивается с различными препятствиями и неоднородностями. Во-вторых, такие методы дают возможность более точно оценить динамику изменения структуры пены во времени, что особенно важно для процессов, требующих длительного сохранения пенообразного состояния. В-третьих, использование сетки как элемента контроля позволяет стандартизировать процедуру испытаний и повысить сопоставимость получаемых результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошкарлов А.В. Повышение огнетушащей способности пены низкой кратности / А.В. Кошкарлов // Пожаротушение: сб. науч. тр. ВНИИПО. – 2013. – С. 48–49.
2. Камлюк А. Н. Подходы к расчету кратности, дисперсности и устойчивости воздушно-механических пен низкой кратности // Journal of Civil Protection. 2025. Т. 9, № 1. С. 54–65.
3. Кравчук, И.Л. Исследование огнетушащих свойств пены: методические указания к лабораторной работе: метод. рекомендации / И.Л. Кравчук. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, 2020.
3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/penogenerator-pozharnogo-stvolaspruk-50-0-7-viking/viewer>. – Дата доступа: 25.11.2025.
- 4 National library of medicine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37763503/>. – Дата посещения – 03.12.2025.
5. Cambridge university press, CERN Library. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rpc-cms-re4-upscope.web.cern.ch/RPC/Safety/CMS%20Foam/Theory/Documentation/BubbleandFoamChemistrybyPugh2016/stabilityinstability_of_bubbles_and_foams.pdf. – Дата посещения: 03.12.2025.

МЕХАНИЗМЫ ТУШЕНИЯ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Иванов И.Ю., Морозевич В.Е.

Университет гражданской защиты

Развитие технологий пожаротушения тонкораспыленной водой приходится на период с 1970 по 1990 годы и связано с разработкой специальных распылителей и насосных установок, способных создавать и подавать воду под высоким давлением в виде мелкодисперсных капель [1]. Толчком для интенсивного развития тонкораспыленного тушения послужило подписание в 1987 году Монреальского протокола – соглашения о поэтапном отказе от использования и производства веществ (галлонов), разрушающих озоновый слой. Галлоны — это летучие галоидоуглеводороды, которые вызывают разрушение стратосферного озона. В результате они были идентифицированы

вместе с рядом других галоидоуглеводородов как химические вещества, производство и использование которых следует запретить или ограничить в попытке замедлить разрушение озонового слоя. Соглашение пересматривалось дважды (Лондон, 1990 г.; Копенгаген, 1992 г.) и привело к полному прекращению производства галлонов (бромфтор- и бромхлорфторуглеродов; CF_3Br (галлон 1301), CF_2ClBr (галлон 1211) и $\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$ (галлон 2402)) в конце 1994 г.

В западных странах внедрение установок пожаротушения тонкораспыленной водой изначально производилось на морских судах. Долгое время для тушения загорания в машинных отделениях применялись газовые огнетушащие составы. После пожара на океанском автомобильно-пассажирском круизном судне «Scandinavian Star» в 1990 году, который унёс жизни 159 человек Международная морская организация (International Maritime Organization – IMO) установила новые требования пожарной безопасности, согласно которым все существующие и новые пассажирские суда, способные перевозить более 35 пассажиров, подлежали обязательному оборудованию стационарными установками пожаротушения.

После утверждения Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой, и запрета на производство средств пожаротушения на основе галлонов, тонкораспыленное тушение водой стало одним из основных направлений развития отрасли судового пожаротушения и многие исследования по изучению огнетушащей эффективности связаны с защитой машинных отделений и кают пассажиров на судне.

Первым официальным изданием по технологии пожаротушения тонкораспыленной водой стал Североамериканский стандарт NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems [2], который был опубликован еще в 1996 году. В соответствии с [2] к водяному туману относятся водяные системы пожаротушения с размерами диспергируемых капель от 0,99 до 1000 мкм и классифицирую на 3 класса (рисунок 1).

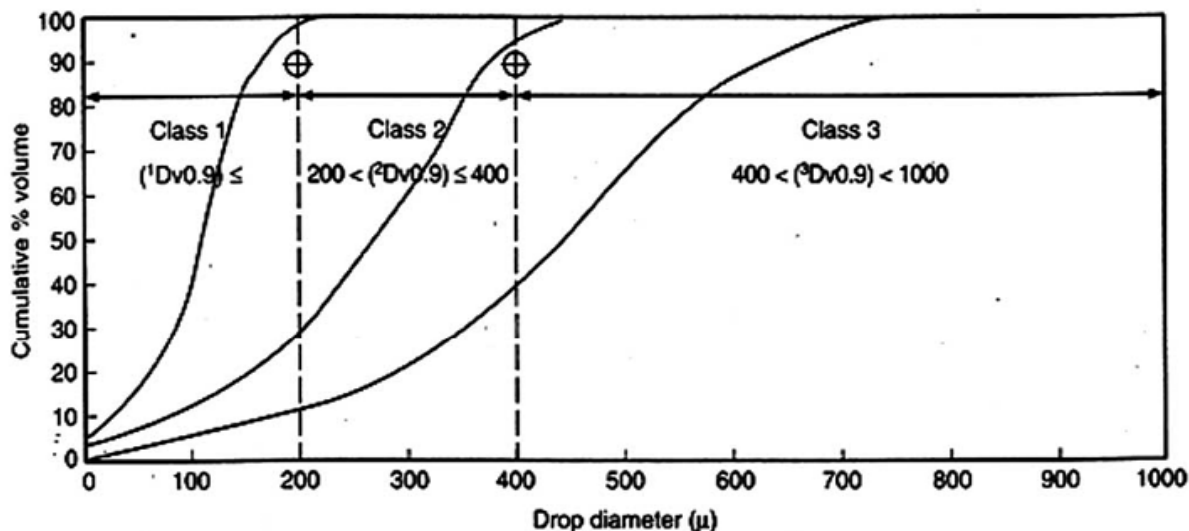


Рисунок 1. – Классификация систем водяного тумана по распределению размера капель в соответствии с NFPA 750

Для отнесения установки пожаротушения тонкораспыленной водой к 1 классу 90 процентов всех измеренных капель должны иметь размер менее 200 мкм, для 2 класса - от 200 до 400 мкм, и для 3 класса – от 400 до 900 мкм. Размеры капель определяются при минимальном проектном рабочем давлении в системе пожаротушения и измеряются в плоскости на расстоянии 1 м от распылителя.

Изучением огнетушащей эффективности и механизмов тушения установок пожаротушения тонкораспыленной водой занимаются многие исследователи. В работе [3] отмечается что к факторам, влияющим на огнетушащую эффективность установок пожаротушения тонкораспыленной водой, относятся охлаждение топлива и пламени, вытеснение кислорода и паров топлива, а также ослабление лучистого тепла с дополнительным кинетическим эффектом.

Охлаждение газовой фазы обеспечивается отводом тепла из зоны горения при нагревании воды, её испарении и дальнейшем нагревании водяного пара. Если температура пламени опустится ниже предельной адиабатической температуры (приблизительно 1600 К или 1327 °С), пламя погаснет. Охлаждение пламени также уменьшает излучение (тепловую обратную связь) на поверхность топлива, что снижает скорость газификации или пиролиза горючей жидкости. В работе [4] были проведены исследования влияния дисперсности капель жидкости в пароводяном потоке на характеристики их перемещения и испарения в пламенной зоне. Для определения характерных размеров капель использовался метод IPI. Было установлено, что при диаметре капель менее 170 мкм испаряется практически 100% капель.

В работе [5] проводились исследования способности тонкораспыленного потока экранировать тепловое излучение. Было установлено, что высокое экранирование лучистых потоков тонкораспыленной водой (пропускание 20 %) наблюдается при среднем заутеровском диаметре капель в факеле распыла (d_{32}) от 36 до 69 мкм.

Кроме снижения температуры пламени на тушение пожара также будет влиять предельная концентрация кислорода (LOC – limiting oxygen concentration) в пламенной зоне. При снижении концентрации кислорода ниже LOC горение прекращается. В работе [6] авторами было установлено, что для углеводородных горючих веществ горение прекращается при LOC менее 12,48 %.

В работе [7] эффективность тушения тонкораспыленной водой была исследована для оборудования ряда производителей с различными сценариями применения. Высокая эффективность тонкораспыленного тушения водой была зафиксирована при отсутствии элементов затенения очага пожара и образуемой интенсивности подачи воды не менее 1 л·мин/м². Многие из сильно затененных пожаров потушены не были, но значительно уменьшились в размерах. Было установлено, что эффективность установок пожаротушения тонкораспыленной водой зависит не только от способности генерировать малые размеры капель, но и от равномерности распределения так называемой «критической

концентрации» капель в объеме защищаемого помещения, которая до настоящего момента не определена. К подобным результатам пришли и исследователи в работе [8].

В соответствии с государственным стандартом Республики Беларусь «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» [9] по капельной структуре потока огнетушащего вещества (далее – ОТВ) оросители, применяемые в автоматических установках пожаротушения, делятся на распылители (средний диаметр капель в распыленном потоке 150 мкм и менее) и разбрызгиватели (средний диаметр капель в разбрызгиваемом потоке более 150 мкм), а по виду используемого огнетушащего вещества классифицируются на водяные, для водных растворов (в том числе пенные) и универсальные.

Общие технические требования и методы испытаний к различным видам оросителей отличаются. Рабочей характеристикой водяных розеточных оросителей является равномерность и интенсивность орошения в пределах защищаемой оросителем площади. Конструкция пенных розеточных оросителей направлена на создание ВМП и контролируемыми характеристиками для данных устройств являются кратность и устойчивость ВМП.

Как видно, национальных ТНПА в области исследования физико-химических и огнетушащих свойства установок пожаротушения тонкораспыленной водой и его элементов нет. Теоретические исследования, направленные на разработку требований к данным установкам, являются весьма актуальными и вызывают как научный, так и практический интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lakkonen, M. The history of modern water mist fire protection / M. Lakkonen // International fire protection. – 2008. – Vol. 12, iss. 36. – P. 69–72.
2. National Fire Codes, NFPA 750: Standard on Water Mist Fire Protection Systems [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.nfpa.org/product/nfpa-750-standard/p0750code>. – Date of access: 11.06.2024.
3. Mawhinney, J. R. A Closer look at the fire extinguishing properties of water mist / J. R. Mawhinney, B. Z. Dlugogorski, A. K. Kim // IV. International symposium on fire safety science. – 1994. – P. 47–60. DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.4-47.
4. Волков, Р.С. Влияние дисперсности капель в пароводяном потоке на характеристики их перемещения и испарения в пламенной зоне горения / Р.С. Волков, Г. В. Кузнецов, Е.Ю. Куриленко, П.А. Стрижак // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 1. – С. 10-24. – EDN TSMLFT.
5. Душкин, А. Л. Экранирование тонкораспыленной водой излучения от пожара / А. Л. Душкин, С.Е. Ловчинский, Н.Н. Рязанцев // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26, № 6. – С. 52-59. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.06.52-59. – EDN ZCJMIN.

6. Flammability of combustible materials in reduced oxygen environment / Y.Xin, M.M. Khan // Fire Safety Journal. – 2007. Vol. 42, Iss. 8. – P. 536–547. DOI: 10.1016/j.firesaf.2007.04.003.
7. An overview of water mist fire suppression system technology / G.G. Back // NIST: National Institute of Standards and Technology. – 1999. – P. 327–334.
8. Копылов, Н. П. Изучение закономерностей тушения тонкораспыленной водой модельных очагов пожара / Н. П. Копылов, А. Л. Чибисов, А. Л. Душкин, Е. А. Кудрявцев // Пожарная безопасность. – 2008. – № 4. – С. 45-58. – EDN KGBFTN.
9. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 11.16.06-2011/ГОСТ Р 51043-2002. – Введен впервые; введ. 01.01.2012. – Минск: Госстандарт, 2011. – 38 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ПРИ ПРОВЕРКЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ

Иванов И.Ю., Новиков В.А.

Университет гражданской защиты

Основной целью систем противопожарной защиты является обеспечение безопасности людей и имущества от опасных последствий пожара и минимизации его негативного воздействия [1]. Она же отражена в действующих нормативных актах, регулирующих сферу пожарной безопасности [2]. Ключевым фактором для поддержания установок пожарной автоматики (далее – УПА) в функционально-работоспособном состоянии является проведение регулярного и качественного технического обслуживания (далее – ТО) входящих в нее элементов [3, 4]. К одному из критически важных, но не очевидных, параметров проверки работоспособности относится выявление недостатков в настройке и работе УПА.

Взаимосвязь между пожарной автоматикой, технологическим и электротехническим оборудованием объекта и другими системами безопасности изложена в и отражается в проектной документации отдельным разделом в текстовом виде. Отсутствие наглядного алгоритма работы УПА на объекте не позволяет со стороны заказчика обеспечить контроль за своевременным и качественным ТО УПА, как того требуют действующие ТНПА.

Вместе с тем, в соответствии с [8] при невозможности одновременного вывода на дисплей всех поступивших событий (независимо от их приоритета) предусматривается дополнительная индикация об их наличии для дежурного персонала с возможностью их просмотра в ручном режиме на уровне доступа 1. Производителями пожарного оборудования для упрощения реагирования на поступающие сигналы пожарной автоматики персоналом объекта разработаны

автоматизированные рабочие места, на которых на графических интерактивных планах помещений дублируются состояния СПА. Для удешевления итоговой стоимости УПА на объектах хозяйствования вместо автоматизированных рабочих мест применяются модули расширения со светодиодной индикацией, что является мало информативным при проверке алгоритма работы УПА.

Согласно [3], техническое состояние систем пожарной автоматики проверяется по операциям технологических карт, что напрямую указывает на необходимость наличия таких карт, требования к содержанию и порядку разработки которых не установлены [5]. Как элемент компенсации, Национальным техническим комитетом по стандартизации Республики Беларусь ТК ВУ 35 "Средства обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения. Требования в области обеспечения пожарной безопасности" в 2019 был разработан [7], который систематизирует требования к контролю качества выполняемых работ по техническому обслуживанию УПА, но фактически без технической документации производителя не позволяет проверить УПА на действующем объекте.

В соответствии с [4], проверка работоспособности УПА проводится в объеме, с периодичностью и с применением способов, установленных эксплуатационными документами систем и (или) их элементов. Объем и периодичность выполняемых работ (операций) при проверке систем ПА, установленные эксплуатационными документами, указываются в паспорте системы пожарной автоматики. Как и в [5] для проверки УПА требуется предварительно изучить проект (раздел проекта) пожарной автоматики с соответствующей технической документацией производителя УПА.

Проблематика освещаемого вопроса заключается в том, что в паспортах на системы ПА отображается лишь номенклатура выполняемых работ для конкретного элемента системы, однако не указывается алгоритм работы системы пожарной автоматики в целом. Для интегрированных систем пожарной безопасности, когда с пожарной автоматикой сблокируется вся инженерия объекта, это становится критично.

В [9] нами была предложена программа проверки работоспособности систем ПА, которая затрагивает объект в целом. Для детализации работы элементов системы УПА данная программа не подходит. Взяв за основу форму технологических карт, представленных в [10], нами была разработана следующая форма технологической карты (таблица 1), которую предлагается принять за основу для проверки алгоритма работы УПА при проведении контроля качества ТО УПА.

Таблица 1. – Форма технологической карты проверки работоспособности ППУ С2000-АСПТ для режима «Тестирование»

№ операции	Назначение и содержание операций	Контролируемый элемент УПА	Индикация элемента УПА	Отметка о соответ.	
				да	нет
ТК 17	Контроль автоматики АУП в дежурном режиме и режиме диагностик				
1.	Перевести С2000-АСПТ в дежурный режим	лицевая панель С2000-АСПТ	все светодиодные индикаторы на лицевой панели выключены, кроме зеленого индикатора «СЕТЬ», все остальные – согласно проекту		
2.	С помощью электронного ключа перевести электроконтактный замок «Блокировка» на лицевой панели прибора С2000-АСПТ в положение, соответствующее значку 	—	—		
3.	Поднести Ключ к электроконтактному замку с уровнем доступа 3 (Мастер-ключ) к считывателю и коснуться его	лицевая панель С2000-АСПТ	прозвучит мелодичный звуковой сигнал		
4.	Нажать кнопку «ТЕСТ» на лицевой панели прибора	лицевая панель С2000-АСПТ	загорается световой индикатор на лицевой панели «ВЫХ. НЕИСПР.»		
5.			прозвучит мелодичный звуковой сигнал		

6.	Нажать кнопку «ТАБЛО» на лицевой панели прибора.	лицевая панель С2000-АСПТ	свечение индикатора «ТАБЛО»		
7.		внешние табло «УХОДИ», «НЕ ВХОДИТЬ»	свечение в прерывистом режиме		
8.	Нажать кнопку  на лицевой панели прибора.	лицевая панель С2000-АСПТ	загорелся световой индикатор «АВТОМАТИКА ВЫКЛ.»		
9.		внешнее табло «АВТОМАТИКА ВЫКЛЮЧЕНА»	свечение в постоянном режиме		
10.	Нажать кнопку «СИРЕНА» на лицевой панели прибора.	лицевая панель С2000-АСПТ	в течение 3-х секунд включится внешний звуковой оповещатель		
11.	Перевести С2000-АСПТ в дежурный режим	лицевая панель С2000-АСПТ	все светодиодные индикаторы на лицевой панели выключены, кроме зеленого индикатора «СЕТЬ»		

Необходимость разработки технологических карт требует внесения соответствующих изменений в действующие НПА, однако их внедрение позволит конкретизировать подходы к проведению проверки алгоритмов работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004-91. – Взамен ГОСТ 12.1.004-85; введ. 01.07.1992. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1991. – 80 с.
2. Технический регламент Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность»: ТР 2009/013/ВУ: срок действия с 11.03.2016 // iLex: информ. правовая система (дата обращения 10.11.2025).
3. Система технического обслуживания и ремонта автоматических установок пожаротушения, систем противодымной защиты, пожарной сигнализации, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Организация и порядок проведения работ = сістэма тэхнічнага абслугоўвання і рамонту аўтаматычных устаноў пажаратушэння, сістэм супрацьдымавой абароны, пажарнай сігналізацыі, сістэм апавяшчэння аб пажары і кіравання эвакуацыяй. Арганізацыя і парадак правядзення работ: ТКП 316-2011 (02300). – Введ.

- 01.09.2011. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 2019. – 42 с.
4. Об определении требований к выполнению работ и оказанию услуг, составляющих лицензируемую деятельность по обеспечению пожарной безопасности: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 10 апреля 2023 г. N 234 // iLex: информ. правовая система (дата обращения 10.11.2025).
5. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019 (с Изм. № 1-3) – Введ. 18.08.2021 (с отменой ТКП 45-2.02-317-2018, СНБ 2.02.02-01 (п. 5.10, табл. 13), СН 3.02.03-2019 (подразд. 5.4), НПБ 15-2007). – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 109 с.
6. Суриков, А. В. Разработка единых критериев контроля качества технического обслуживания установок пожарной автоматики / А. В. Суриков // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 18 апреля 2017 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2017. – С. 221-224. – EDN ZVURBF.
7. СТБ 11.16.11-2019 Система стандартов пожарной безопасности. Услуги по техническому обслуживанию систем пожарной автоматики и противодымной защиты. Общие технические условия.
8. СТБ 11.14.01-2006 Система стандартов пожарной безопасности. Системы пожарной сигнализации. Приборы управления пожарные. Общие технические условия.
9. Форма программы проверки работоспособности систем пожарной автоматики / Новиков В.А., Иванов И.Ю. // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве: материалы XI Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 20 дек. 2024 г. / Ун-т гражданской защиты. – Минск.
10. Методическое пособие по техническому обслуживанию автоматических установок газового, порошкового и аэрозольного пожаротушения с прибором С2000-АСПТ / НВП «Болид». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://bolid.ru/files/491/669/h_7a951b200ec1d2ce4dbe7d6d4ea25630 (дата обращения: 10.11.2025)

ПОЖАРОТУШЕНИЕ ВОДОЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Ивановский А.П., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

Климатически большая часть населения мира сталкивается с низкими температурами, сезонно или на протяжении всего года. Для Беларуси данная тема актуальна, так как она относится к умеренно континентальным странам, для которых характерны низкие температуры в зимний период времени. В большую часть данной поры года температуры находятся ниже отметки нуля градусов. Поэтому следует выяснить, какие температуры являются критичными для стандартных средств и методов пожаротушения, какие неблагоприятные для пожаротушения процессы при этом происходят, как с этим бороться и как это применяется на практике [1].

Согласно действующему ТНПА, низкими температурами являются -10°C и ниже. Известно, что при низких температурах эластичность материалов сильно снижается; скорость промерзания обычной, необработанной специальными средствами воды, довольно высока; многие механизмы могут перестать работать, например обычную машину или насосные установки может быть проблематично завести при низких температурах, а тем более при морозе.[1]

Тушение пожара само по себе является опасным и сопряженным с определенным риском, поэтому, когда температура воздуха понижается, этот процесс становится более трудоемким, сопровождается повышенным расходом как человеческих, так и технических ресурсов. Зимой возникновение возгораний в основном связано с эксплуатацией обогревательных приборов, неисправным печным оборудованием, а также неисправной электронагревательных приборов [3, 4].

Одним из основных средств тушения является вода в виду своих физических свойств. Поглощение огромного количества тепла, это главное тактическое преимущество воды. Она имеет одну из самых высоких теплоемкостей среди жидкостей. Для испарения 1 литра воды при 0°C требуется около 2600 кДж тепла. Это означает, что она очень эффективно отнимает тепло от очага горения, быстро понижая температуру и прекращая процесс пиролиза, то есть разложения вещества под действием температуры.

По мимо этого никакая другая доступная в таких объемах жидкость не справляется с охлаждением так же эффективно. Пена или порошок тушат, в основном, путем изоляции от кислорода, но не охлаждают тлеющие глубинные очаги так же хорошо.

Тушение пожара при низких температурах сопровождается не малым количеством негативных аспектов. Одними из таких проблем являются быстрое снижение физиологических возможностей работников, потеря защитных свойств экипировки, риск холодовых травм. Что касается пожарно-аварийно-

спасательных автомобилей, различных механизмов и пожарно-технического вооружения, то при низких температурах повышается вязкости смазочных масел, откуда и происходит снижение мощности. Замерзание технических жидкостей, снижение эластичности материалов, повышение ломкости, в частности резин, пластмасс, ухудшение свойств бензина, разрядка аккумуляторов так же относятся к минусам пожаротушения в данных условиях.

Еще одним изъяном воды, который ограничивает возможности и область ее использования как огнетушащего средства при низких температурах, представляется относительно большая температура замерзания (около 0° , что конечно малозаметно при большом объеме и быстрой, непрерывной подаче, однако этот эффект ещё больше проявляется при более низких температурах). Всё это актуально в данный момент, поскольку сегодня более 90% пожаров устраняется при помощи использования водяной системы тушения [1].

В настоящее время при тушении пожаров в условиях низких температур существуют и используется следующие наиболее эффективные подходы, облегчающие работу. При пожаротушении в негативных климатических условиях заранее готовят рукавные резервные магистральные линии, присоединенные к стволам, которые работают на решающем направлении. Крайне важным аспектом является расположение рукавных линий и соединительных головок в тёплом месте, в отсеках пожарно-аварийно-спасательных автомобилей, а не хранить на открытом холоде. Рукавные головки засыпают снегом, разветвления устанавливают внутри зданий, а при наружной установке утепляют их. При замене и уборке пожарных рукавов, наращивании линии подачу воды не прекращают, а указанные работы проводятся со стороны пожарного ствола, уменьшив напор, привлекая для этой цели возможно большее количество личного состава. Определяют места заправки горячей водой и при необходимости заправить ею автоцистерны (если это не противоречит правилам эксплуатации конкретного технического средства). Не допускают выключения насосов, а при наращивании рукавных линий или замене рукавов уменьшают давления в линии. При работе в помещениях во избежание излишнего пролива воды и замерзания линий не перекрытые стволы выводят в окна [4].

В ряде случаев вода в рукавных линиях замерзает, так как отдаёт теплоту в окружающее пространство. Количество теряемой теплоты пропорционально разности температур воды, окружающего воздуха и возрастает с уменьшением скорости движения жидкости. Для избежание образования льда в рукавах, воду подогревают насосом. При работе насоса на максимальных оборотах и не полностью открытой задвижке напорного патрубка, вода нагревается от трения в рабочем колесе и корпусе насоса. Степень нагрева зависит от количества воды, подаваемой насосом в рукавную линию, напора, развиваемого насосом и температуры воздуха.

При работе на открытых водоисточниках целесообразно забирать воду с больших глубин, где температура её несколько выше, чем в верхних слоях или надо льдом. Это позволяет подать воду на большее расстояние.

В качестве теплоносителя, используются горячая вода, водяной пар и выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. Предусматриваются различные теплотехнические защитные устройства. Они все же малоэффективны и предназначены в основном для уборки замороженных рукавных линий или локального подогрева. Предотвратить обледенение напорной рукавной линии возможно и химическим способом, введением специальных веществ в воду позволяет снизить температуру её кристаллизации. Вместе с тем, этот способ применения в пожаротушении не нашёл.

Считается перспективным введение в воду морозоустойчивых пенообразователей, а также использование ультразвука, температурно-активированной воды. Кроме того, от обледенения в пожарных рукавных линиях можно избавиться созданием определённых гидравлических параметров, регуляцией длины рукавных линий и расходов. При создании больших напоров воды в рукавных линиях, температура кристаллизации будет ниже [2-4].

Помимо сказанного ранее существуют основные принципы тушения пожаров при низких температурах:

- предотвращать образование наледей на путях эвакуации людей и передвижениях личного состава;
- подготавливать места для обогрева спасаемых и участников тушения; сосредоточивать в местах обогрева для личного состава резерв боевой одежды;
- избегать создания креплений на пожарных лестницах, а также нахождения вблизи пожарных лестниц рукавных линий, не допускать, чтобы лестницы были облиты водой;
- не допускать большого пролива воды по лестничным клеткам [4].

Из всего вышеперечисленного следует сделать вывод, что пожаротушение водой в условиях низких температур требует учета ряда специфических факторов, которые существенно влияют на эффективность и безопасность проведения работ по тушению.

При отрицательных температурах вода обладает повышенной склонностью к быстрому переходу в твердое состояние, что может привести к закупорке элементов пожарного оборудования, таких как гидранты, пожарные рукава и сопла. Данный процесс способствует снижению давления в системе и, как следствие, прекращению подачи воды, что существенно снижает эффективность пожаротушения. Для предотвращения замерзания жидкости целесообразно применение специальных противоморозных добавок, которые обеспечивают сохранение текучести воды при низких температурах. Дополнительно рекомендуется оснащать пожарное оборудование системами термоизоляции и подогрева, способствующими поддержанию рабочих параметров жидкости, оборудования и пожарно-технического вооружения. Особое внимание уделяется планированию размещения пожарных гидрантов и резервуаров, обеспечивая легкий доступ и предотвращение негативного влияния низких температур на функционирование системы. Таким образом, комплексное применение специальных технических средств, материально-

техническое обеспечение, грамотное их использование являются ключевыми факторами, обеспечивающими надежность и оперативность пожаротушения водой в условиях низких температур. Данные меры минимизируют технические риски и способствуют сохранению безопасности жизни и здоровья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблематика тушения пожаров в условиях низких температур [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka./article/n/problematika-tusheniya-pozharov-v-usloviyah-nizkih-temperatur> – Дата доступа: 10.10.2025.
2. Тушение пожаров и ликвидация ЧС в неблагоприятных климатических условиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://fireman.club/conspects/tema-10-tushenie-pozharov-i-likvidaciya-chrezvychajnyx-situacij-v-neblagopriyatnyx-klimaticheskix-usloviyah/> – Дата доступа: 10.10.2025.
3. Тушение пожаров в неблагоприятных климатических условиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://spravochnick./geografiya/prirodno-klimaticheskie_usloviya/tushenie_pozharov_v_neblagopriyatnyh_klimaticheskix_usloviyah/ – Дата доступа: 10.10.2025.
4. Боевой устав органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по организации тушения пожаров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/upload/iblock/48d/48d66a961965aa324edad9dd2133335d.pdf> – Дата доступа: 10.10.2025.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Избавитель М.Д., Лихоманов А.О.

Университет гражданской защиты

С появлением новых технологий жизнь человека становится проще и рациональнее, но технологическое развитие и рост количества сложных технических систем приводит к новым рискам аварий и катастроф, последствия которых приводят к большому ущербу для экологии, экономики, жизни и здоровья людей. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций, в частности техногенного характера, позволяет минимизировать материальный ущерб, предвидеть катастрофы и подготовиться к ним, а главное – сохранить жизни людей [1].

Характерными для Республики Беларусь являются аварии на гидротехнических сооружениях – прорывы плотин, разрушения шлюзов и аварии на водохранилищах (рис. 1), а любая авария на производстве и сброс химических веществ приводят к химическому загрязнению водных объектов.

Из-за последствий Чернобыльской катастрофы и функционирования Белорусской АЭС для Беларуси возникает актуальность и радиационного загрязнения. Разливы нефти встречаются у нас гораздо реже, однако полностью их исключать нельзя из-за наличия нефтепровода «Дружба». Все эти виды ЧС опасны и все они требуют постоянного мониторинга и применения современных методов прогнозирования [2].

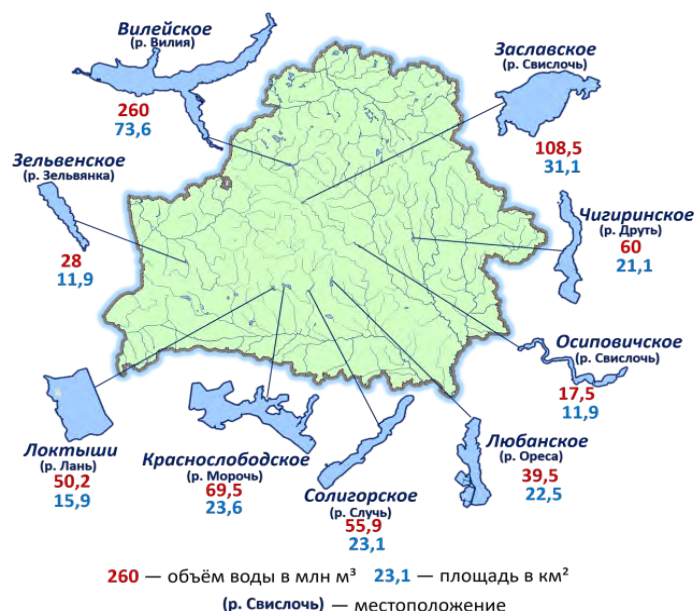


Рисунок 1. – Карта крупнейших водохранилищ Беларуси

Одним из наиболее эффективных и распространенных методов является математическое моделирование. Его суть заключается в создании моделей, описывающих движение воды и распространение загрязняющих веществ. В Беларуси этот метод активно применяется для прогнозирования паводков на реках Припять и Неман, а также для оценки риска прорыва плотин на Вилейском водохранилище. При наличии точных исходных данных моделирование позволяет заранее рассчитать сценарии развития ЧС и принять управленческие решения, что делает его определяющим инструментом в практике МЧС [3].

Геоинформационные системы (ГИС) обеспечивают анализ пространственных данных и картографирование зон риска. С их помощью МЧС прогнозирует возможные затопления в Полесье и оценивает вероятность загрязнения рек. Преимущество метода заключается в визуализации угрозы и возможности быстрого принятия решений. Кроме того, ГИС позволяют интегрировать данные разных ведомств, обеспечивая комплексный подход к прогнозированию [4].

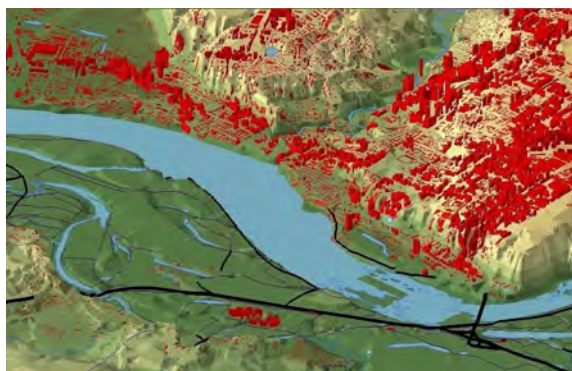


Рисунок 2. – Модель, рассчитывающая здания и объекты, попадающие в зону риска при наводнении

Метод дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) основан на использовании спутниковых и авиационных снимков (рис. 3) для наблюдения за состоянием водных объектов. В Беларуси он применяется для контроля уровня воды в крупных водохранилищах и для выявления загрязнений. ДЗЗ обеспечивает сбор данных в реальном времени и охват больших территорий, включая трансграничные реки, что делает его одним из наиболее перспективных методов [3].



Рисунок 3. – Авиационный снимок Вилейского водохранилища

Такой метод, как мониторинг гидротехнических сооружений, является обязательным элементом государственной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Он включает регулярные обследования плотин, шлюзов и гидроузлов с использованием датчиков давления, уровня воды и вибрации. Такой контроль проводится на Вилейском, Заславском и других водохранилищах. Метод позволяет выявлять дефекты на ранних стадиях и предотвращать аварии, однако его эффективность зависит от регулярности и качества обследований. В связи с развитием технологий метод приобретает все более высокий уровень, уже сейчас на многих объектах идет круглосуточный видеомониторинг элементов конструкций, связанных с повышенным риском [1].

Мультиагентные системы обработки данных представляют собой наиболее современный и перспективный метод. Они объединяют информацию из разных источников – датчиков, спутников, ГИС и лабораторных исследований – для комплексного анализа. В Беларуси разработка таких систем ведется Национальной академией наук совместно с МЧС. Уже сегодня они применяются для прогнозирования паводков и химических аварий, а в будущем смогут использоваться для анализа комплексных ситуаций, где требуется учитывать множество факторов одновременно [4, 7].

Несмотря на наличие государственной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, Республика Беларусь сталкивается с рядом серьезных проблем. Прежде всего, это нехватка финансирования: современные методы требуют значительных затрат на оборудование, программное обеспечение и обучение специалистов, что не всегда возможно в условиях ограниченного бюджета. Многие гидротехнические сооружения и системы мониторинга устарели и нуждаются в модернизации, а часть оборудования требует полной замены. Сложности вызывает и хранение больших массивов данных, необходимых для комплексного анализа, поскольку существующая инфраструктура не всегда справляется с их обработкой. Все это снижает эффективность прогнозирования и требует дополнительных усилий со стороны государства для развития материально-технической базы, внедрения новых технологий и подготовки квалифицированных кадров [5].

Развитие технологий предоставляет нам все больше новых возможностей. Алгоритмы машинного обучения, применяемые в искусственном интеллекте, способны анализировать огромные массивы данных и выявлять скрытые закономерности, что повышает точность прогнозов и сокращает время реакции. Уже сегодня ИИ применяется на Вилейском водохранилище и БелАЭС для выявления аномалий в показаниях датчиков [4].

Кроме того, создаются цифровые платформы мониторинга, объединяющие данные от датчиков, спутников, лабораторий и ГИС. Это обеспечивает единую информационную среду для анализа и принятия решений. Важным направлением остается международное сотрудничество: Беларусь обменивается данными о паводках и загрязнениях, участвует в совместных проектах с Россией и ЕС, разрабатывает единые стандарты оценки рисков. Именно сотрудничество с другими странами позволяет мониторить состояние трансграничных рек, например, реки Днепр [6].

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций техногенного характера на водных объектах – важнейшая задача для Республики Беларусь. Методы математического моделирования, ГИС, дистанционного зондирования, мониторинга гидротехнических сооружений и мультиагентных систем позволяют своевременно выявлять угрозы и предотвращать катастрофы. Наибольший же эффект принесет комплексное применение всех этих методов. Перспективное развитие включает в себя модернизацию имеющегося оборудования и расширение сети датчиков в будущем. Современные технологии: искусственный интеллект, цифровые платформы – новые

перспективы для развития этой сферы, а международное сотрудничество усиливает возможности национальной системы мониторинга [4, 6]. Это позволит не только эффективно бороться с последствиями аварий, но и максимально снизить вероятность их возникновения, обеспечивая безопасность населения и устойчивое развитие Беларуси [1, 4, 6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные модели оценки риска и мультиагентные системы: сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси. – Мн.: НАН Беларуси, 2024. – 175 с.
2. Система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: науч. сб. / Нац. акад. наук Беларуси. – Мн.: НАН Беларуси, 2024. – 212 с.
3. Материалы международного сотрудничества в области мониторинга трансграничных водных объектов / Респ. Беларусь. – Мн.: МЧС РБ, 2023. – 98 с.
4. Совместные проекты Республики Беларусь и Европейского союза по применению спутникового мониторинга и разработке стандартов оценки рисков. – Брюссель; Минск: ЕС–РБ, 2024. – 134 с.
5. Субботин, А.В. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие / А. В. Субботин, В. И. Цинкевич. – Мн.: БГУ, 2021. – 156 с.
6. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Закон Респ. Беларусь, 20 июля 1998 г., № 141-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Минск, 1998.
7. Об утверждении инструкции о порядке классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 3 авг. 2023 г., № 46 // Собр. законодательства Респ. Беларусь. – Минск, 2023.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ОРОСИТЕЛЕЙ

Камлюк А.Н., Навроцкий О.Д., Подольницкий А.Ф.

Университет гражданской защиты

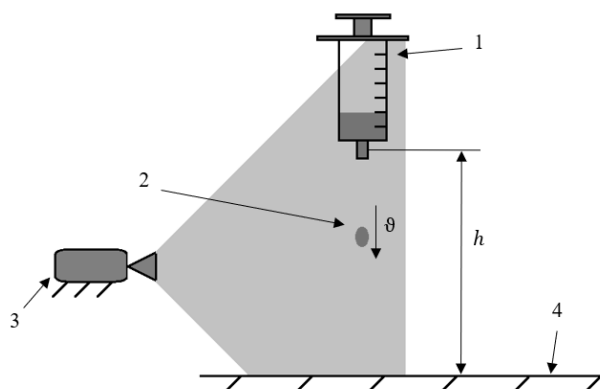
Генерирование воздушно-механической пены низкой кратности на поверхности розеток пенных оросителей представляет собой сложный гидродинамический процесс, основанный на механическом диспергировании струи раствора пенообразователя при её прямом контакте и последующем взаимодействии с твёрдой поверхностью оросителя. В процессе этого взаимодействия кинетическая энергия движущейся струи трансформируется в энергию разрушения поверхностного слоя жидкости, что приводит к образованию множества мелких капель и пузырьков газа. Одновременно происходит эжекция воздуха из окружающей среды в область диспергирования,

что способствует насыщению жидкости воздушными пузырьками и формированию устойчивой пенной структуры.

Данный процесс представляет собой один из наиболее эффективных и экономически оправданных способов формирования огнетушащей пены и широко применяется в автоматических системах пожаротушения различного назначения — от защиты производственных помещений до хранилищ горючих жидкостей. Преимущества этого метода заключаются в его простоте конструкции, надёжности в эксплуатации и возможности достижения высокой производительности без использования дополнительного энергетического оборудования.

Столкновение струи с поверхностью играет важную роль в различных процессах, при эрозии почв [1–4], в струйно-капельных системах [5] и др., однако до сих пор полностью не исследовано. В настоящее время подробно рассмотрены вопросы как силового воздействия струи газа на поверхность жидкости [6], так и струи жидкости на упругопластическое тело [7], на тонкий слой жидкости, находящийся на поверхности [8] или сухую поверхность [9], представлены результаты расчета характеристик диспергированного потока гидроимпульсной струи [10] и струи в условиях гидродинамической кавитации [11]. Тем не менее, решению задачи по соударению струи, содержащей в своем составе поверхностно-активные вещества, работы не посвящались.

Для исследования процесса удара струи жидкости с поверхностно-активными веществами о твердую поверхность разработана схема (рисунок), принцип использования которой описан ниже. Шприцевой насос (1) наполняется жидкостью с поверхностно-активным веществом (2), при этом выходное отверстие закрывается. Затем шприцевой насос размещается на необходимой высоте h . При установлении необходимой высоты выходное отверстие шприцевого насоса открывается и жидкостью с поверхностно-активными веществами, в виде струи, вытекает под действием давления, соударяясь с твердой поверхностью (4). Исследование фиксируется на цифровую камеру (3).



1 – шприцевой насос; 2 – жидкость с поверхностно-активным веществом;

3 – цифровая камера; 4 – твердая поверхность.

Рисунок – Схема проведения исследования

Схема, показанная на рисунке, предоставляет возможность проведения комплексного экспериментального исследования процесса удара струи жидкости, содержащей поверхностно-активное вещество, о твердую поверхность. Эти эксперименты позволяют изучить влияние различных параметров, таких как скорость струи, свойства жидкости и характеристики поверхности на динамику взаимодействия жидкостных пленок с твердой поверхностью. Благодаря такой методике становится возможным получить детальное понимание механизмов, лежащих в основе процесса.

Проведение таких исследований необходимо для полного изучения влияния поверхностно-активных компонентов на динамику, распределение и кинетику соударения, что позволит точнее моделировать процессы в различных направлениях. Полученные результаты будут способствовать развитию более эффективных методов управления процессами распыления, смешивания и транспортировки жидкостей с поверхностно-активными веществами, а также станут основой для оптимизации технологий в промышленности, экологии и обеспечении пожарной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семененко С.Я., Абезин В.Г., Лобойко В.Ф. Разработка конструкций дождевального агрегата с улучшенными агротехнологическими показателями. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. №1(45). 2017. С.1. – 8.
2. Зверьков М. С. Численное исследование удара капли о твердую поверхность. Природообустройство. №2. 2015. С.17–20.
3. Брыль С.В., Зверьков М.С. Вертикальное эффективное давление удара капли о почву. Природообустройство. №2. 2016. С.62–67.
4. Ting-Pi Sun, Franco Alvarez-Novoa, Klebbert Andrade, Pablo Gutierrez, Leonardo Gordillo and Xiang Cheng. Stress distribution and surface shock wave of drop impact. Nature Communications. 2022. V. 13. P. 1703-1–8.
5. Леун Е. В. Вопросы построения струйно-капельных оптических измерительных систем: принцип и режимы работы, возможности и основные характеристики. Омский научный вестник. №6 (162). 2018. С.189–195.
6. Мордасов М.М., Савенков А. П. Исследование силового воздействия струи газа на поверхность жидкости. Журнал технической физики. №3 (82). 2012. С.37–45.
7. Аганин А. А., Хисматуллина Н. А. Ударное воздействие струи жидкости на упругопластическое тело. Ученые записки Казанского университета. Физико-математические науки. №2 (156). 2014. С.72–86.
8. Аганин А. А., Гусева Т. С. Удар струи по тонкому слою жидкости на стенке. Вестник Башкирского университета. №2 (21). 2016. С.245–251.
9. Аганин А. А., Гусева Т. С. Влияние формы конца струи жидкости на ее удар по сухой стенке. Ученые записки Казанского университета. Физико-математические науки. №1 (161). 2019. С.39–52.

10. Бабенко В. С., Кремена А. П. Гидроимпульсная струя: теория и характеристики диспергированного потока. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №5/7 (65). 2013. С.48–54.
11. Александров В. А., Михеев Г. М. Гидродинамическая кавитация при распылении жидкости вибрирующим стержнем. Химическая физика мезоскопия. №1 (13). 2011. С.111–116.

О ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕННОЙ СТРУКТУРЫ В МОМЕНТ УДАРА О ТВЕРДЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Камлюк А.Н., Навроцкий О.Д., Подольницкий А.Ф.

Университет гражданской защиты

Развитие инновационных технологий пожаротушения неразрывно связано с углублённым изучением физических процессов, происходящих при взаимодействии жидких потоков с твёрдыми поверхностями. Особое значение приобретает исследование механизмов образования огнетушащей пены при ударе капель раствора пенообразователя о твёрдые поверхности, так как это явление лежит в основе работы современных автоматических систем пожаротушения, оснащённых розеточными оросителями [1-3]. Понимание условий, при которых происходит формирование пузырьков пены в результате соударения капли, позволит оптимизировать параметры пеногенерирующих устройств и повысить эффективность защиты от пожаров. В связи с этим была поставлена задача экспериментального исследования процесса образования пузырьков пены при ударе о твёрдую поверхность свободно падающей капли раствора воды с пенообразователем при различных высотах падения. Проведённые исследования включали наблюдение за состоянием капли в момент удара и регистрацию факта образования пенной структуры в зависимости от энергии соударения, зависящей от высоты падения капли.

При проведении исследований рассматривалась возможность формирования пузырьков пены при ударе о поверхность свободно падающей капли раствора воды с пенообразователем. В качестве пенообразующего состава применялся водный раствор «Техник – ЗНС» с характеристиками: концентрация 3%, плотность $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, коэффициент поверхностного натяжения $\sigma = 0,025 \text{ Н/м}$, динамическая вязкость $\eta = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Эксперимент заключался в формировании капли с ее последующим свободным падением с различных высот и наблюдении за ее состоянием при ударе о поверхность. В качестве поверхности, о которую происходит удар капли, применялась керамическая плитка.

Экспериментальные исследования были проведены на территории крытого манежа, в состав которого входит четырехэтажная учебная башня Университета гражданской защиты. Высота $h_1=0,20 \text{ м}$ определялась с помощью линейки, а высоты $h_2=4,45 \text{ м}$, $h_3=7,77 \text{ м}$, $h_4=11,06 \text{ м}$ и $h_5=14,48 \text{ м}$ (этажи башни)

– с помощью лазерного дальномера (Leica DISTO™ D510). Место проведения исследований выбрано целенаправленно, так как в крытом манеже, во-первых, широкий диапазон высот (до 14,48 м) и, во-вторых, отсутствие спонтанных воздушных потоков, что позволяло гарантировать чистоту эксперимента для любого уровня (высоты) и количества повторений (от 3 до 5 повторов). В каждом эксперименте спуск капли производился только за счет сил тяжести при атмосферном давлении. После каждого спуска фиксировалось время свободного падения ($t_1=0,2$ с, $t_2=0,95$ с, $t_3=1,3$ с, $t_4=1,63$ с, $t_5=1,96$ с) и визуально осматривалось место падения капли на предмет образования пузырьков пены.

Проведённые экспериментальные исследования по изучению процесса образования пузырьков пены при ударе свободно падающей капли раствора пенообразователя о твёрдую поверхность продемонстрировали отсутствие образования пенной структуры для всех рассматриваемых высот падения. Этот результат указывает на то, что одного лишь механического удара капли о поверхность недостаточно для инициирования процесса пенообразования в условиях свободного падения с последующим контактом. Полученные данные свидетельствуют о необходимости наличия дополнительных факторов, таких как направленный поток воздуха, создание разрежения в области контакта, либо специальная конструкция поверхности, способствующих эжекции воздуха и его смешиванию с жидкой фазой раствора пенообразователя. Таким образом, результаты исследования подтверждают, что эффективное генерирование пены при использовании розеточных оросителей в автоматических системах пожаротушения достигается не только за счёт диспергирования струи при ударе, но и благодаря специальной конструкции оросителей, обеспечивающей активную эжекцию окружающего воздуха и его интенсивное смешивание с раствором пенообразователя. Эти выводы подчёркивают значимость дальнейших исследований влияния геометрических параметров пеногенерирующих устройств и гидродинамических условий на эффективность процесса пенообразования для оптимизации технологий пожаротушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камлюк, А.Н. Компрессионная пена для нужд пожарных подразделений: монография / А.Н.Камлюк, А.В.Грачулин. – Минск: УГЗ, 2019. – 224 с.
2. Камлюк, А.Н. Пенные оросители для автоматических установок пожаротушения: монография / А.Н. Камлюк, А.О. Лихоманов, А.В. Грачулин. – Минск.: УГЗ, 2023. – 244 с.
3. Камлюк А.Н. Количественное описание механизмов образования воздушно-механической пены низкой кратности для нужд пожаротушения // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2024. – Т. 8. – № 3. – С. 276–288.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОГNETУШАЩИХ ПЕН НИЗКОЙ КРАТНОСТИ

Камлюк А.Н., Навроцкий О.Д., Подольницкий А.Ф.

Университет гражданской защиты

Пена, применяемая для нужд пожаротушения, представляет собой сложную дисперсную систему, состоящую из множества мелких пузырьков газа, которые разделены тонкими пленками жидкости. Основной жидкой фазой в такой системе выступает вода, которая является базисом, обеспечивающим необходимую текучесть и теплоемкость пены. Однако одна вода не демонстрирует способностей создавать устойчивую пенную структуру, поэтому в состав жидкой фазы неизменно входит активный компонент — пенообразователь.

Пенообразователь — это вещество с поверхностно-активными свойствами, способное адсорбироваться на межфазных границах между жидкостью и газом. Благодаря своим молекулярным характеристикам он стабилизирует границу раздела фаз, значительно снижая поверхностное натяжение и предотвращая слипание и разрушение пузырьков.

Когда речь идет о пене низкой кратности, то под этим термином подразумевается пена, объем которой по отношению к исходному объему водного раствора пенообразователя расширяется примерно в 4–20 раз. Кратность пены — это один из ключевых параметров, определяющих ее свойства, и представляет собой отношение объема готовой пены к объему исходного раствора пенообразователя.

На практике пена низкой кратности получила широкое применение как на промышленных объектах, так и в автоматических установках пожаротушения. Это обусловлено ее эффективностью при тушении пожаров горючих и легко воспламеняющихся жидкостей — таких, которые невозможно потушить простой водой из-за их химических и физических свойств. Пенная структура изолирует горючее от воздуха, снижает испарения, охлаждает поверхность и препятствует распространению огня. Благодаря этим свойствам пена позволяет не только локализовать и потушить пожар, но и предотвратить повторное возгорание.

Пену низкой кратности можно генерировать следующими способами:

- на сетках, встроенных в насадки пожарных стволов, методом выдувания [1];
- в пеногенераторах путем нагнетания воздуха в раствор пенообразователя [2];
- на поверхности розеток пенных оросителей автоматических систем пожаротушения за счет струи, диспергированной в результате удара о твердую поверхность [3].

Генерирование пены низкой кратности на сетках, встроенных в насадки пожарных стволов методом выдувания, представляет собой один из наиболее распространённых и эффективных способов получения воздушно-механической пены для целей пожаротушения. Этот процесс основан на использовании гидродинамического явления — эжекции воздуха из окружающей среды в активно движущийся поток раствора пенообразователя.

Способ выдувания воздуха для генерирования пены базируется на принципе создания разрежения в потоке жидкости. Когда водный раствор пенообразователя проходит через специально сконструированное сужающееся сопло в корпусе пожарного ствола с высокой скоростью, происходит падение давления согласно уравнению Бернулли. Это гидродинамическое падение давления создаёт локальное разрежение в пространстве вокруг основной струи, которое обуславливает подсасывание окружающего воздуха в область смешивания. Затем смесь проходит через встроенную в насадки металлическую сетку, которая дробит образовавшиеся пузырьки воздуха на мелкие и распределяет их равномерно по объёму, формируя воздушно-механическую пену низкой кратности с оптимальными параметрами пузырьковой структуры.

Генерирование пены низкой кратности в пеногенераторах путем нагнетания воздуха в раствор пенообразователя является менее распространённым методом генерирования пены, однако не уступающим по эффективности пожаротушения методу выдувания на сетках, встроенных в насадки пожарных стволов.

Способ генерирования пены низкой кратности в пеногенераторах путем нагнетания воздуха в раствор пенообразователя базируется на формировании компрессионной пены путем одновременного смешивания под давлением воды, пенообразователя и сжатого воздуха (или азота) в пределах одного устройства, что обуславливает движение по рукавной линии к пожарному стволу, не раствора пенообразователя, а компрессионной пены.

Генерирование пены низкой кратности на поверхности розеток пенных оросителей за счет струи, диспергированной в результате удара о твердую поверхность, является распространённым и эффективным способом получения воздушно-механической пены низкой кратности, применяемым в автоматических установках пожаротушения.

Столкновение струи с поверхностью играет важную роль в различных процессах, при эрозии почв [4–7], в струйно-капельных системах [8] и др., однако до сих пор полностью не исследовано. В настоящее время подробно рассмотрены вопросы как силового воздействия струи газа на поверхность жидкости [9], так и струи жидкости на упругопластическое тело [10], на тонкий слой жидкости, находящийся на поверхности [11] или сухую поверхность [12], представлены результаты расчета характеристик диспергированного потока гидроимпульсной струи [13] и струи в условиях гидродинамической кавитации [14]. Тем не менее, решению задачи по соударению струи (капли), содержащей в своем составе поверхностно-активные вещества, работы не посвящались.

Проведение таких исследований необходимо для полного изучения влияния поверхностно-активных компонентов на динамику, распределение и кинетику соударения, что позволит точнее моделировать процессы в различных направлениях. Полученные результаты будут способствовать развитию более эффективных методов управления процессами распыления, смешивания и транспортировки жидкостей с поверхностно-активным веществом, а также станут основой для оптимизации технологий в промышленности, экологии и обеспечении пожарной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камлюк А.Н., Пармон В.В., Морозов А.А. Ствол пожарный ручной универсальный комбинированный с возможностью изменения расхода огнетушащего средства: от моделирования до огневых испытаний: монография / А.Н.Камлюк, В.В.Пармон, А.А.Морозов. – Минск : УГЗ, 2024. – 189 с.
2. Камлюк, А.Н. Компрессионная пена для нужд пожарных подразделений: монография / А.Н.Камлюк, А.В.Грачулин. – Минск: УГЗ, 2019. – 224 с.
3. Камлюк, А.Н. Пенные оросители для автоматических установок пожаротушения: монография / А.Н. Камлюк, А.О. Лихоманов, А.В. Грачулин. – Минск: УГЗ, 2023. – 244 с.
4. Семененко С. Я., Абезин В. Г., Лобойко В. Ф. Разработка конструкций дождевального агрегата с улучшенными агротехнологическими показателями. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. №1(45). 2017. С.1. – 8.
5. Зверьков М. С. Численное исследование удара капли о твердую поверхность. Природообустройство. №2. 2015. С.17–20.
6. Брыль С. В., Зверьков М. С. Вертикальное эффективное давление удара капли о почву. Природообустройство. №2. 2016. С.62–67.
7. Ting-Pi Sun, Franco Alvarez-Novoa, Klebbert Andrade, Pablo Gutierrez, Leonardo Gordillo and Xiang Cheng. Stress distribution and surface shock wave of drop impact. Nature Communications. 2022. V. 13. P. 1703-1–8.
8. Леун Е. В. Вопросы построения струйно-капельных оптических измерительных систем: принцип и режимы работы, возможности и основные характеристики. Омский научный вестник. №6 (162). 2018. С.189–195.
9. Мордасов М. М., Савенков А. П. Исследование силового воздействия струи газа на поверхность жидкости. Журнал технической физики. №3 (82). 2012. С.37–45.
10. Аганин А. А., Хисматуллина Н. А. Ударное воздействие струи жидкости на упругопластическое тело. Ученые записки Казанского университета. Физико-математические науки. №2 (156). 2014. С.72–86.
11. Аганин А. А., Гусева Т. С. Удар струи по тонкому слою жидкости на стенке. Вестник Башкирского университета. №2 (21). 2016. С.245–251.
12. Аганин А. А., Гусева Т. С. Влияние формы конца струи жидкости на ее удар по сухой стенке. Ученые записки Казанского университета. Физико-математические науки. №1 (161). 2019. С.39–52.

13. Бабенко В. С., Кремена А. П. Гидроимпульсная струя: теория и характеристики диспергированного потока. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. №5/7 (65). 2013. С.48–54.
14. Александров В. А., Михеев Г. М. Гидродинамическая кавитация при распылении жидкости вибрирующим стержнем. Химическая физика мезоскопия. №1 (13). 2011. С.111–116.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Короткевич С.Г., Гараев Ю.В., Игнатович Е.С.

Университет гражданской защиты

Знания требований по пожарной безопасности – это не только обязанность ответственных лиц, но и важная необходимость для каждого гражданина. В условиях современного мира, развития компьютерных технологий и цифровизации всех сфер жизнедеятельности человека особенно важно создавать доступные, интерактивные и эффективные форматы обучения, которые способны привлечь и удержать внимание людей разного возраста и профессий [1, 2].

В настоящее время в университете в рамках научно-исследовательской работы разрабатывается виртуальный тренажер по пожарной безопасности. Актуальность данной работы обусловлена тем, что в настоящее время отсутствуют общедоступные современные обучающие виртуальные тренажеры по пожарной безопасности, предназначенные для различных категорий граждан.

Целью работы является развитие отечественных IT-разработок в сфере безопасности жизнедеятельности путем создания и внедрения современных виртуальных тренажеров по пожарной безопасности и популяризации обучения граждан основным требованиям пожарной безопасности.

Разработанный виртуальный тренажер представляет собой комплексную интерактивную платформу, которая включает в себя два основных режима работы: режим обучения (рисунок 1) и режим контроля знаний (рисунок 2). На данный момент в тренажере реализованы учебные объекты огнетушитель и шкаф пожарный, а в рамках дальнейшего развития предлагается их реализовать более двадцати.



Рисунок 1 – Режим обучения, реализованный в тренажере

В **режиме обучения** пользователь может детально разобрать и изучить составные части выбранного объекта или моделируемой ситуации. Например, на примере 3D-модели огнетушителя можно узнать, где расположена запорно-пусковая чека, как правильно держать устройство, ознакомиться с пошаговой инструкцией по его применению и уточнить сроки перезарядки.

В **режиме контроля знаний пользователю** для проверки и закрепления усвоенных навыков предлагается список контрольных заданий и вопросов. В рамках сценария, на примере огнетушителя, программа способна случайным образом генерировать различные ошибки и нарушения: отсутствие запорно-пусковой чеки, просроченная дата перезарядки, отсутствие этикетки, маркировки, шланга и т.д. Задачей пользователя после изучения виртуального объекта является выявление всех недостатков и корректное указание их в специальном списке нарушений.

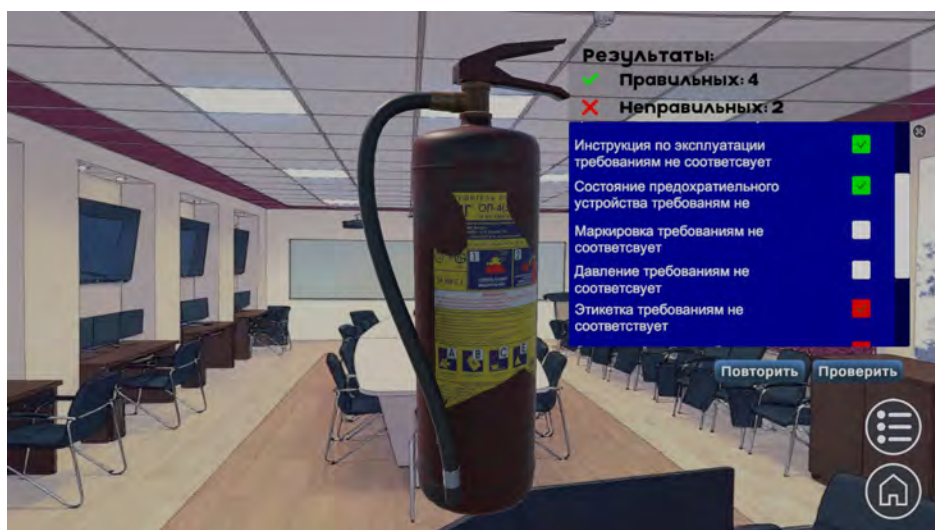


Рисунок 2 – Режим контроля знаний, реализованный в тренажере

Преимуществом и отличительной особенностью проекта является его кроссплатформенность и универсальность. При полной реализации работы,

виртуальный тренажер будет доступен на всех современных платформах: это персональный компьютер, мобильное приложение и отдельный режим работы в виде дополненной реальности для очков виртуальной реальности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Короткевич, С.Г. Разработка методического обеспечения для виртуальных локаций обучающего тренажера по осуществлению надзорной деятельности в области пожарной и промышленной безопасности / С.Г. Короткевич, Д.В. Корец, А.Н. Бань, Д.Ю. Богданов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2025. – № 1(57). – С. 189–201. DOI: 10.54422/1994-439X.2025.1-57.189-201.
2. Курзаева, Л.В. Оценка эффективности иммерсивных средств обучения / Л.В. Курзаева, Д.О. Курзаев, Р. Корнев, П.Е. Майоров, М.И. Егоров // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – №7. – С. 28–33. DOI 10.17513/snt.40081.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАТНОСТИ ПЕНЫ, ПОЛУЧАЕМОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕНОГЕНЕРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА, ОСНАЩЕННОГО СЕТКОЙ

Лихоманов А.О., Гараев Ю.В., Вашкевич Д.А., Печко К.Е.

Университет гражданской защиты

Вода и пена являются ключевыми средствами пожаротушения, но их эффективность определяется видом горючего материала. Вода действует преимущественно за счет охлаждения, тогда как пена обеспечивает двойной эффект: охлаждение (благодаря содержащейся воде) и изоляцию зоны горения от кислорода устойчивым пенным слоем. Благодаря низкой плотности и высокой плавучести пена особенно эффективна при тушении горящих органических жидкостей, где вода бесполезна, что делает ее незаменимым огнетушащим средством. Пены подразделяются на химические, которые образуются в результате реакции между растворами кислот и щелочей в присутствии пенообразующих веществ и содержат в своем составе углекислый газ наряду с другими компонентами, и воздушно-механические пены, получаемые за счет смешивания воздуха с раствором пенообразователя. При тушении пожаров применяют воздушно-механические пены. Одним из распространенных способов их использования является вспенивание на сетках: струя раствора из сопла смачивает ячейки, пузырьки формируются эжектируемым или принудительно подаваемым воздухом. Качество и структура пены зависят от размера ячеек сетки, диаметра и скорости воздушного потока, а также физико-химических свойств раствора – концентрации ПАВ, поверхностного натяжения и вязкости [1–3].

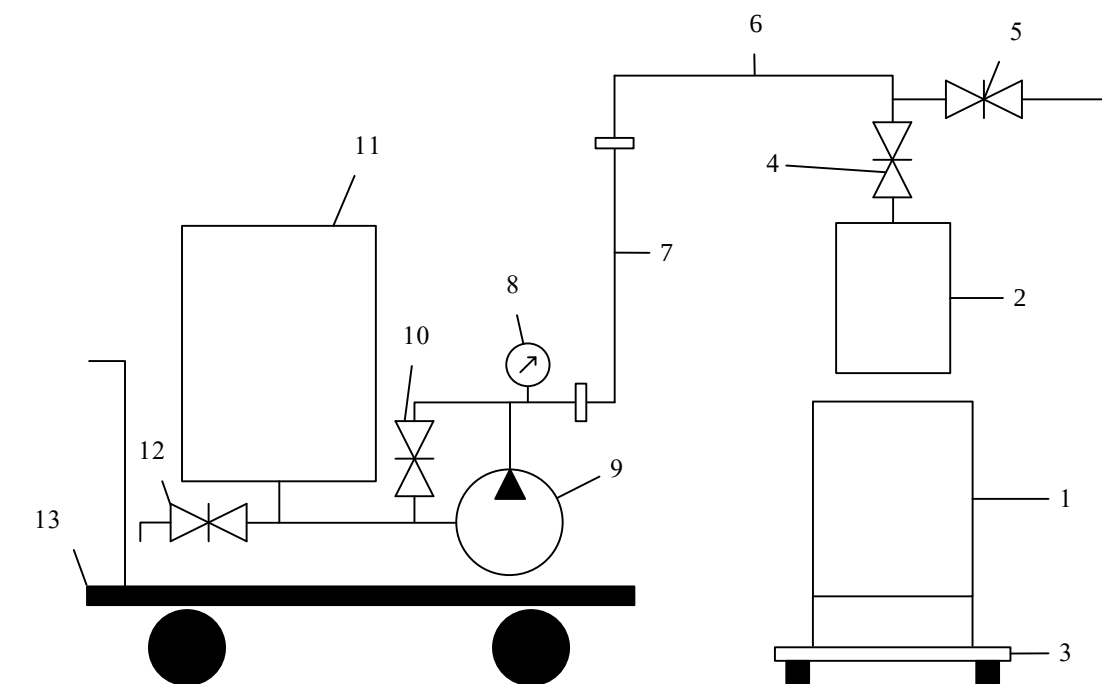
Для изучения влияния геометрических параметров размера ячейки сетки и расстояния от подающего сопла до сетки пеногенерирующего устройства на

кратность генерируемой пены выполнен эксперимента, который проводился сериями по пять опытов. При этом использовались сетки с размером ячеек 0,5×0,5 мм, 0,7×0,7 мм, 1×1 мм, 2×2 мм и 3×3 мм; сопла диаметрами 4 мм, 6 мм, 8 мм, 11 мм и три пенообразователя ПО-РЗФ (6%), ПО-6РТС (6%), СП-0,1 (1%). Для каждой сетки устанавливалось расстояние от сопла 50 мм, 100 мм, 200 мм, 300 мм и 400 мм. Для каждого установленного расстояния подсчитывалось среднее значение кратности пены в серии опытов. При этом под кратностью пены понимается отношение объема пены к объему раствора пенообразователя, пошедшего на ее образование.

Порядок работы экспериментальной установки (рис.) следующий. Раствор пенообразователя подается из емкости 11 с помощью насоса 9 по напорному рукаву 7 и трубопроводу 6 к устройству для образования пены на сетке 2, где генерируется пена и попадает в мерную емкость 1. Опыт прекращается при заполнении мерной емкости 1 на 100 %. Далее с помощью весов определяется масса пены в емкости 1, после чего рассчитывалась ее кратность по формуле:

$$K = V\rho / (m_2 - m_1),$$

где V – объем емкости 1 (0,05 м³); ρ – плотность раствора пенообразователя; m_1 – масса пустой емкости 1, кг; m_2 – масса емкости 1 с пеной, кг.



1 – мерная емкость; 2 – устройство для образования пены на сетке; 3 – весы; 4, 5, 10, 12 – запорный вентиль; 6 – трубопровод; 7 – напорный рукав; 8 – манометр; 9 – насос; 11 – емкость с рабочим раствором пенообразователя; 13 – каркас установки

Рисунок. – Схема экспериментальной установки для исследования процесса образования воздушно-механической пены на сетках пеногенерирующих устройств

Анализ экспериментальных данных показал различия в изменении кратности пены в зависимости от типа пенообразователя. Для пенообразователей ПО-РЗФ (6%) и ПО-6РТС (6%) при увеличении расстояния от сопла до сетки и диаметра выходного отверстия сопла кратность пены уменьшается. При использовании смачивателя СП-0,1 (1%) наблюдается обратная тенденция – рост кратности с увеличением указанных параметров.

Полученные теоретические и экспериментальные данные могут являться основой для создания математической модели прогнозирования кратности пены в зависимости от параметров пеногенерирующих устройств с сеткой, а также их дальнейшего проектирования с учетом конкретных специфик защищаемого объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние размеров ячейки сетки и расстояния от сопла на дисперсность пены / А. Н. Камлюк, А. О. Лихоманов, А. Ф. Титовец [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 4. – С. 441–450.
2. Камлюк, А. Н. Компрессионная пена для нужд пожарных подразделений: монография / А. Н. Камлюк, А. В. Грачулин. – Минск: УГЗ, 2019. – 224 с.
3. Камлюк, А. Н. Пенные оросители для автоматических установок пожаротушения: монография / А. Н. Камлюк, А. О. Лихоманов, А. В. Грачулин. – Минск: УГЗ, 2023. – 244 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЯЧЕЙКИ СЕТКИ НА ПЕНУ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ

Поздеева А.В., Гараев Ю.В.

Университет гражданской защиты

Среди широкого спектра огнетушащих средств, применяемых в современных системах пожаротушения, каждое из которых направлено на нарушение стехиометрического или энергетического баланса цепной реакции окисления, пена занимает важное место благодаря своему многофункциональному физико-химическому воздействию. Она представляет собой дисперсную систему, состоящую из газовых пузырьков, заключенных в тонкие пленки водного раствора пенообразователя. Её эффективность не случайна: она основана на точном инженерном расчете, позволяющем создать устойчивую дисперсную систему, которая одновременно обеспечивает термическую изоляцию, интенсивное охлаждение и химическое разбавление горючей среды [1].

Преимущественным механизмом является изоляция горючего вещества от окислителя. Второй ключевой механизм связан с теплообменом и охлаждением зоны горения. Еще одним немаловажным механизмом является

разбавление паров. Именно эта синергия механизмов делает пенное тушение одним из наиболее надежных и высокоэффективных способов борьбы с пожарами, особенно в условиях горения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Процесс генерации пены представляет собой сложный физико-химический и гидродинамический процесс, в ходе которого рабочий раствор пенообразователя смешивается с воздухом. Пеногенераторы и стволы используют принцип эжекции или принудительной подачи воздуха. Независимо от способа подачи, финальное формирование и структурирование пены происходит при прохождении двухфазного потока (раствор + воздух) через специальные элементы — сетки, решетки или перфорированные насадки. Геометрия этих элементов играет важную роль в энергетическом преобразовании потока: размер ячейки сетки в пеногенераторах непосредственно влияет на качество и характеристику пены, а именно на ее кратность и дисперсность.

Кратность пены — это безразмерная величина, которая показывает, во сколько раз объем полученной пены превышает объем исходного пенообразующего раствора, содержащегося в ней. Требуемая кратность достигается путем интенсивной аэрации и механического воздействия на раствор в зоне генерации [2].

Кратность пены напрямую зависит от объема захваченного воздуха и эффективности его удержания в структуре пены. Крупные воздушные пузырьки, образовавшиеся на стадии эжекции, вынуждены проходить через узкие отверстия сетки. При прохождении через мелкую ячейку на пузырьки действуют высокие силы сдвига и напряжения, вызванные поверхностным натяжением пленки и скоростью потока. Эти силы приводят к дроблению крупных пузырьков на более мелкие.

Если ячейка мелкая (высокая степень перфорации) — прохождение раствора через эти ячейки создает большее сопротивление и более интенсивное механическое воздействие на раствор. Это способствует более эффективному перемешиванию раствора с воздухом и более интенсивному дроблению воздушных пузырьков. В результате кратность пены увеличивается.

Если ячейка крупная (низкая степень перфорации) — меньшее сопротивление и меньше сила сдвига. Крупные пузырьки проходят через отверстия, не подвергаясь значительному дроблению. Это приводит к формированию крупнопузырчатой пены с меньшей стабильностью. В результате кратность пены снижается.

Дисперсность пены — это величина, определяющая средний размер пузырьков, а также их распределение по объему пены. По сути, она показывает степень измельченности пены, при этом чем меньше пузырьки, тем выше дисперсность [3].

Здесь важную роль играет сила сдвига и турбулентность. При прохождении потока через узкие отверстия сетки резко возрастает скорость потока, что приводит к генерации высокоградиентных полей скоростей и

интенсивной турбулентности. Уменьшение размера ячейки приводит к увеличению градиента скорости между центром отверстия и его краями. Воздушные пузырьки, входящие в отверстие, подвергаются сильному сдвиговому напряжению. Если это напряжение превышает капиллярные силы, удерживающие пузырек (поверхностное натяжение пленки), происходит его деформация и последующее дробление.

Как и в случае с кратностью, выбор размера ячейки является результатом инженерного баланса. Чрезмерное уменьшение размера ячейки, хотя и обеспечивает наилучшую дисперсность, приводит к значительному увеличению гидравлического сопротивления и к повышению вероятности засорения. Поэтому необходимо выбирать оптимальный размер ячейки, который обеспечивает требуемую мелкодисперсность пены при сохранении надежности и пропускной способности оборудования.

Таким образом, характеристический размер ячеек струйных элементов в пожарных стволах и пеногенераторах является главным конструктивным параметром, который, благодаря интенсификации гидродинамических сил сдвига и механическому калиброванию пузырьков, напрямую определяет дисперсность и кратность генерируемой пены. Слишком крупные ячейки приведут к грубодисперсной пене с большими и нестабильными пузырьками, а чрезмерно мелкие ячейки улучшат дисперсность, но могут негативно сказаться на кратности из-за увеличения сопротивления и нарушения процесса воздухоподсоса. Правильно подобранный размер ячейки сетки позволяет достичь баланса между хорошей дисперсностью и необходимой кратностью, что, безусловно, важно для огнегасящей эффективности пены низкой кратности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивашечкин, В.В. Механика жидкости и газа. Лабораторный практикум: учебное пособие / В.В. Ивашечкин [и др.]; под. ред. И.В. Качанова – 4-е изд. перераб. и доп. – Мн.: БНТУ, 2006. – 60 с.
2. Кучер, В.М., Меркулов, В.А., Жуков, В.В. О стойкости воздушно-механической пены на поверхности углеводородных жидкостей // Горение и проблемы тушения пожаров: Тезисы докл. V Всесоюзной науч.-практ. конф. – М.: ВНИИПО, 1977. – 105-120 с.
3. Чистяков, Б.Е. Образование и основные свойства пен. Агрегативная устойчивость и ее критерии [Текст]/ Б.Е.Чистяков, А.В.Перцов, В.Н.Чернин // Коллоид. журн. – 1988. – Т.20. – №3. – 542-549 с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТОЙЧИВОСТИ И СОХРАННОСТИ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Сливинская А.А., Стриганова М.Ю.

Университет гражданской защиты

Одной из отличительных особенностей природы Республики Беларусь является большое количество рек и озер. Использование водных объектов и освоение прилегающих к ним земель прибрежных территорий зачастую сопровождаются воздействием рек на инженерные объекты, вызывают опасные нарушения их функционирования или разрушение. При этом опасность зависит как от природных, так и природно-антропогенных процессов.

Для преодоления водного препятствия строят систему сооружений, называемую переходом водотока. В состав перехода через водоток входят: искусственное сооружение, служащее для пересечения собственно водотока; подходы к искусственному сооружению, устраиваемые обычно в виде земляных насыпей, откосы которых постоянно или периодически омываются водой. Огромное влияние на общие экономические потери, связанные с повреждениями или разрушениями переходов, потери в народном хозяйстве от перерывов движения.

Гарантия надёжности и безопасности мостов, как наиболее распространённых переходов закладывается расчётными технологиями и конструктивными решениями на стадии проектирования сооружения, качеством строительных работ и обеспечением требований нормативного содержания в стадии эксплуатации.

Мостовой переход нужно рассматривать не только как транспортное, но и как гидротехническое сооружение, а, следовательно, размеры и форма мостового перехода в значительной степени обосновываются различными видами расчётов [1, 2]. Порядок работ по проектированию мостового перехода включает в себя [3–5]: определение расхода или уровня воды расчётной вероятности превышения (гидрологический расчёт); определение расходов и скоростей течения в русле и на пойме при пропуске расчётного расхода (морфометрический расчёт); выбор оптимального отверстия моста; расчёт подпора и отметок проезда на мосту и др.

В качестве исходных данных для гидрологического расчёта приводятся сведения о наивысших годовых уровнях воды за период наблюдений (лет) [2–5].

Целью морфометрического расчёта является определение распределения расхода между руслом и поймами, скоростей течения в русле и на поймах при расчётном уровне. Величина распределения расчётного расхода – одна из самых важных характеристик створа моста, которая в конечном итоге во многом определяет генеральные размеры всех сооружений мостового перехода [2–5]. Конструкции моста рассчитывают в соответствии с указаниями норм на

перспективные нагрузки [2–4], а также на ветровые, температурные, гидрологические и сейсмические воздействия, ожидаемые в период заданного срока эксплуатации. Немаловажное значение имеют размывы, которые также необходимо учитывать при проектировании [1, 2]. Они делятся на три вида:

1. Природные русловые деформации, не связанные со строительством мостового перехода.

2. Общий размыв – это деформации русла, которые возникают в результате стеснения потока подходными насыпями.

3. Местные размывы у опор моста, которые происходят в результате локального изменения структуры потока.

Наиболее опасны местные размывы.

Расчёт местного размыва выполняется по схеме с нулевым притоком грунтовых наносов, это когда размеры воронки будут определяться только гидравлическими параметрами потока и габаритами опоры. Глубину местного размыва у опор определяют после расчёта глубины общего размыва подмостового русла. Самую низкую отметку дна у опоры устанавливают суммированием глубины общего и местного размыва [6].

В расчётах также принимают во внимание прогнозируемые осадки опор и влияние длительных процессов, протекающих в материале несущих конструкций.

Однако на протяжении истории мостостроения и эксплуатации мостов аварии происходили. В любой аварии мостовых конструкций одной из самых характерных причин главной или сопутствующей оказывалась потеря устойчивости либо всей конструкции, либо ее отдельных элементов.

Причинами потери устойчивости являются:

- рост скоростей и интенсивности транспортных потоков;
- природные катаклизмы, теракты, войны;
- строительство или демонтаж элементов;
- перегрузка пролетных строений моста;
- пожары на мостах;
- дефекты оснований и фундаментов;
- разрушения сварных швов в сварных конструкциях пролетных строений.

Пересекая реку, мосты изменяют естественные (бытовые) условия водного потока. Особенно наглядно это в период половодья, когда реки выходят из берегов, затопляя прилегающие к руслу поймы. Уровень воды намного повышается против обычного меженного, резко возрастает скорость течения, а с ней и разрушительная сила потока. Увеличение скорости течения опасно, так как может вызвать размыв грунта в русле и оснований опор. Это происходит, когда скорость потока превышает допустимую для данного грунта. Поток на поймах в мостовых переходах преграждают насыпи подходов. Поэтому вода с пойм устремляется вдоль насыпей к отверстию моста. Следовательно, вся вода главного русла и с пойм, достигающих нескольких километров в ширину, должна проходить в отверстие моста, значительно суженное против бытовой ширины потока [7 – 9].

Отдельным вопросом рассматривается оценка воздействия волны прорыва, возникающей в результате гидродинамической аварии. Воздействие волны на мостовые переходы может быть следующим: удар движущегося фронта волны; длительное гидравлическое давление на элементы моста (опоры, береговые устои и пролетные строения); размыв грунта между опорами (общий размыв) и подмыв опор (местный размыв), разрушение регуляционных сооружений и земляных насыпей; медленное затопление местности, сооружений и дорог без существенного их разрушения на подходах к мостовому переходу; удары больших плавущих предметов по опорам и пролетному строению; образование заторов плавущих предметов и образование стеснений потока, что создает дополнительный подпор с верховой стороны моста; разрушение конструкции при превышении отметки гребня волны расчётных отметок мостового перехода.

Большую роль в оценке эксплуатационной надёжности, долговечности и безопасности конструкций играют натурные обследования, испытания и длительные наблюдения. Они служат достоверной основой диагностики мостовых конструкций, заблаговременного расчёта и составления плана путей эвакуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. – М.: Транспорт, 1989.
2. Ляпичев Ю.П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 222 с.
3. Устройство мостов и труб: СП: 3.03.02-2021. – Введ. 16.01.21. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 117 с.
4. Мосты и трубы: СН 3.03.01-2019. – Введ. 31.10.19. – Минск: Минстройархитектуры, 2019. – 278 с.
5. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
6. Практикум по мостовой гидравлике на портативной лаборатории «Капелька-3»: Методические указания к лабораторно-практическим работам / Сост. Г.Д. Слабожанин, Д.Г. Слабожанин, А.И. Соболев, Н.А. Калинин. – Томск: Изд-во Томского архит.-строит. ун-та. – 2014. – 31с.
7. Дэвис М. Х., Мищенко С. М. Экспериментальные исследования местных размывов dna у основания морских гидротехнических сооружений. Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, т. 236, 2000.
8. Железняков Г. В. Гидравлика и гидрология: Учебник для вузов. – М: Транспорт, 1989. – 376 с.
9. К вопросу о величине коэффициента запаса устойчивости грунтового массива / А.Н.Богомоллов, С.И. Шиян, О.А. Богомоллова, Т.А. Сабитова // Геотехнические проблемы XXI века в строительстве зданий и сооружений: тр. Междунар. конфер. Пермь: ПГТУ, 2007.

ПРИЧИНЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА НЕФТЕПРОВОДАХ

Судиловский Д.С., Лихоманов А.О.

Университет гражданской защиты

Нефтепроводный транспорт является стратегической составляющей топливно-энергетического комплекса, обеспечивающей транспортировку нефти и нефтепродуктов от мест добычи и переработки к потребителям. Магистральные нефтепроводы представляют собой сложные технические системы протяженностью сотни тысяч километров, что делает их потенциально уязвимыми объектами с точки зрения возникновения чрезвычайных ситуаций. Статистика показывает, что средняя частота аварий на магистральных нефтепроводах составляет 0,3–0,5 случаев на 1000 км трубопроводов в год, при этом объем разлитых нефтепродуктов может варьироваться от нескольких кубических метров до десятков тысяч кубических метров при крупных авариях [1].

Актуальность темы исследования обусловлена высокими рисками возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к серьезным экологическим, экономическим и социальным последствиям. Износ внутрипромысловых трубопроводов достигает 80%, а частота их разрывов на два порядка выше, чем на магистральных, и составляет 1,5–2,0 разрыва на 1 км.

Анализ статистических данных показывает, что основными причинами аварий на магистральных трубопроводах являются: внешние воздействия (34,3%), брак при строительстве (23,2%), наружная коррозия (22,5%), брак при изготовлении труб и оборудования (14,1%), ошибочные действия персонала (3%). Коррозионные повреждения трубопроводов являются причиной до 40% аварий, что связано с агрессивностью транспортируемой среды и воздействием грунтовых вод. Скорость коррозии на значительной части трубопроводов составляет 0,2–0,5 мм/год, однако встречаются участки со скоростью коррозии до 1,16 мм/год.

Внешние механические воздействия при проведении земляных работ составляют около 30% всех аварий. Особую опасность представляют несанкционированные земляные работы вблизи трасс трубопроводов, когда происходит повреждение трубы строительной техникой. Операционные ошибки персонала, нарушения технологических режимов и несоблюдение правил эксплуатации являются причиной 15–20% аварийных ситуаций (статистика аварийности изображена на рис. 1) [2].



Рисунок 1. – Статистика аварийности на нефтепроводах [2]

Последствия аварий на нефтепроводах можно классифицировать на экологические, экономические и социальные. Экологические последствия включают загрязнение почвы, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха. Нефтепродукты обладают высокой токсичностью и способностью к биоаккумуляции, что представляет особую опасность для водных объектов. Загрязнение одного литра воды одной каплей нефти делает её непригодной для питья. Восстановление экосистем после крупных разливов может занимать десятилетия.

Общий ущерб от одной крупной аварии может составлять десятки миллионов долларов. Социальные последствия включают угрозу жизни и здоровью населения, особенно при возникновении пожаров и взрывов. Радиус зоны возможного поражения при взрыве паровоздушной смеси может достигать нескольких километров.

Технические мероприятия по предупреждению ЧС представляют собой комплекс инженерных решений, направленных на повышение надежности трубопроводных систем. Конструктивные мероприятия включают правильный выбор материалов, оптимизацию конструкции и обеспечение необходимых запасов прочности. Современные нефтепроводы строятся из высокопрочных низколегированных сталей с улучшенными характеристиками сопротивления коррозии. Толщина стенки труб рассчитывается с учетом рабочего давления до 10 МПа, свойств транспортируемой среды и внешних нагрузок с применением коэффициентов безопасности.

Антикоррозионная защита является ключевым направлением предупреждения аварий. Применяется комплексная система защиты, включающая изоляционные покрытия на основе полиэтилена или эпоксидных смол, обеспечивающие защиту на срок до 50 лет, и катодную защиту. Катодная защита реализуется с помощью станций, создающих защитный потенциал на поверхности трубопровода. Эффективность контролируется контрольно-измерительными пунктами, расположенными вдоль трассы с интервалом 2-5 км.

Системы автоматизации и аварийной защиты обеспечивают автоматическое отключение участков трубопровода при возникновении аварийных ситуаций. Система включает датчики давления, расхода, температуры, автоматические задвижки с дистанционным управлением. Время срабатывания не превышает 30 с, что позволяет минимизировать объем разлива. Современные системы способны выявлять утечки размером 1-2% от номинального расхода в течение 5-15 мин [3].

Существует четыре основных метода ликвидации аварийных разливов нефти: механический, термический, физико-химический и биологический (механический метод ликвидации нефти с использованием вакуумной системы изображен на рис. 2). Механический метод осуществляется при помощи специализированной техники, в первую очередь скиммеров-нефтеборщиков, которые собирают с поверхности воды до 99% нефтепродуктов.



Рисунок 2. – Механический метод ликвидации разливов нефти

Существуют три основных типа скиммеров: ленточные, трубчатые и дисковые. Их преимуществом является малый вес и размер, благодаря чему скиммер можно оперативно установить даже в ограниченном пространстве. Важно отметить, что собранный нефтепродукт можно использовать повторно.

Термический метод или выжигание нефти применяется в случаях, когда слой нефтепродукта большой и он не успел смешаться с водой или почвой. Однако этот способ имеет ограничения: толщина пленки должна превышать 3 мм, скорость ветра не должна превышать 35 км/ч, необходимо соблюдать безопасное расстояние от пожароопасных объектов. При ликвидации разлива на водной поверхности необходимо сначала организовать обвалование при помощи нефтеудерживающих бонов.

Физико-химический метод применяется при невозможности использования нефтеборных устройств на малых глубинах или ограниченных площадях. Используются сорбенты и диспергенты, распыляемые с судов, вертолетов и самолетов. Сорбенты – это вещества, которые выборочно поглощают нефтепродукты из внешней среды. Применяются как природные

(торф, опилки, солома, мох), так и синтетические сорбенты. Биологический метод используется на заключительном этапе ликвидации аварии. Специальные бактерии или грибки питаются нефтью, превращая её в воду и углекислый газ. В идеальных условиях микроорганизмы способны поглотить килограмм нефтепродукта за несколько часов. Этот метод абсолютно безвреден для окружающей среды и не требует утилизации остатков [4].

Организационные мероприятия включают создание эффективной системы управления промышленной безопасностью, подготовку персонала, разработку нормативно-технической документации и планирование действий в аварийных ситуациях. В структуре трубопроводных компаний создаются специализированные подразделения, ответственные за промышленную безопасность. Весь персонал должен пройти специальную подготовку и получить соответствующие удостоверения. Особое значение имеет подготовка диспетчерских служб, которые должны уметь быстро оценивать аварийную ситуацию и принимать правильные решения по её локализации.

Контрольно-профилактические мероприятия направлены на выявление и устранение потенциальных причин аварий. Техническое диагностирование трубопроводов включает ультразвуковую дефектоскопию, магнитную дефектоскопию, рентгенографический контроль сварных соединений. Внутритрубная диагностика с использованием интеллектуальных снарядов проводится с периодичностью 3-5 лет. Системы противопожарного водоснабжения должны проверяться не реже одного раза в месяц с полным запуском насосного оборудования. Экологический мониторинг проводится для контроля воздействия объектов нефтепроводного транспорта на окружающую среду.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций на нефтепроводах требует комплексного подхода, сочетающего технические, организационные и контрольно-профилактические мероприятия. Основными причинами аварий являются коррозионные повреждения (до 40%), внешние механические воздействия (30%) и операционные ошибки (15-20%). Последствия аварий могут быть катастрофическими как для окружающей среды, так и для экономики страны, что подчеркивает важность превентивных мер.

Современные технические решения, включающие антикоррозионную защиту, системы автоматизации и раннего обнаружения утечек, позволяют значительно снизить риски возникновения аварий. Применение экологически безопасных методов ликвидации разливов, таких как биологический метод, способствует минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Перспективными направлениями развития являются внедрение интеллектуальных систем диагностики и прогнозирования, развитие беспилотных технологий мониторинга, использование больших данных и машинного обучения для анализа рисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров, И. А. Безопасность трубопроводного транспорта нефти и газа / И. А. Александров, В. П. Петров, С. М. Сидоров. – М.: Недра, 2021. – 456 с.
2. Васильев, Н. С. Техническое диагностирование магистральных трубопроводов / Н. С. Васильев, А. Б. Кравцов // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 2020. – № 3. – С. 15-22.
3. Дмитриев, А. К. Системы противоаварийной защиты нефтепроводов / А. К. Дмитриев, Л. И. Волков. – СПб.: Химиздат, 2019. – 312 с.
4. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти / А. И. Вылкован [и др.]. – СПб.: Центр-Техинформ, 2000. – 204 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОДЯНОГО, ХИМИЧЕСКОГО И ПОРОШКОВОГО МЕТОДОВ ТУШЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Шалесный А.С., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты

Эффективное тушение пожара напрямую зависит от правильного выбора огнетушащего вещества (далее – ОТВ), который определяется классом пожара, свойствами горящих материалов и оперативной обстановкой. В практике пожаротушения в Республике Беларусь доминирующую роль играют три основных метода: водяной, химический (с применением пены) и порошковый. Несмотря на кажущуюся изученность вопроса, постоянное обновление материально-технической базы пожарных аварийно-спасательных подразделений и появление новых видов пожарной нагрузки требуют систематического анализа и сравнения их тактических и технических возможностей.

Водяной метод, основанный на использовании воды в виде компактных или распыленных струй, является наиболее традиционным и распространенным. Основные механизмы тушения – охлаждение горячей поверхности и разбавление паров горючих веществ. Достоинствами данного метода являются: доступность, низкая стоимость, высокая теплоемкость, экологическая безопасность, а недостатками – высокая электропроводность, значительная поверхностное натяжение, ограниченная эффективность при тушении горючих жидкостей (далее – ГЖ) и газов, замерзание при отрицательных температурах.

Согласно [1], водяные установки пожаротушения являются основным средством защиты помещений с пожарной нагрузкой, состоящей преимущественно из твердых горючих материалов (класс пожара А [2]). Однако, вода в виде тонкораспыленных струй может применяться и для тушения легковоспламеняющихся жидкостей (далее – ЛВЖ) и ГЖ в закрытых помещениях, что расширяет ее традиционную область применения.

Химический метод тушения основан на изоляции поверхности горящего вещества от доступа кислорода воздуха с помощью слоя пены. Различают воздушно-механическую и химическую пену. Достоинства данного метода: высокая эффективность при тушении ЛВЖ и ГЖ (класс В [2]), способность препятствовать испарению горючего, охлаждающий эффект. Недостатки: коррозионная активность некоторых пенообразователей, чувствительность к низким температурам, сложность в обслуживании и утилизации, относительно высокая стоимость.

СН 2.02.03-2019 прямо регламентирует применение пенных установок пожаротушения для защиты помещений с хранением и переработкой ЛВЖ, ГЖ, а также ряда химических веществ. Однако необходимо правильно выбирать кратность пены и способ ее подачи в зависимости от типа горящей жидкости и технологического процесса [1, 3].

Порошковый метод тушения основан на ингибировании химических реакций горения и изоляции поверхности горящего вещества мелкодисперсным порошком. Достоинства: универсальность (применение для классов А, В, С, Е) [2], высокая скорость тушения, отсутствие коррозионного воздействия, работоспособность в широком диапазоне температур, возможность тушения электрооборудования под напряжением. Недостатки: отсутствие охлаждающего эффекта, что может привести к повторному возгоранию; ухудшение видимости; токсичность продуктов разложения; сложность очистки после применения.

В Республике Беларусь применение порошковых установок пожаротушения регламентировано [1]. Они являются основным средством тушения на объектах, где применение воды и пены недопустимо: электроподстанции, серверные, архивы, музеи, а также на транспортных средствах.

Таблица 1. Сравнительная таблица методов тушения

Критерий	<i>Водяной метод</i>	<i>Химический (пена)</i>	<i>Порошковый метод</i>
Основной механизм	Охлаждение, разбавление	Изоляция	Ингибирование, изоляция
Классы пожара	А (реже В)	В, А	А, В, С, Е
Электропроводность	Высокая	Высокая	Отсутствует
Температурный режим	>0°C (или с добавками)	>0°C (или с добавками)	Широкий диапазон
Экологичность	Высокая	Средняя	Низкая
Побочный ущерб	Повреждение водой	Загрязнение, коррозия	Загрязнение, сложность очистки

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы: водяной метод пожаротушения остается незаменимым для тушения пожаров твердых горючих материалов (класс А) и является основой систем противопожарной защиты большинства административных, жилых и промышленных зданий. Химический метод с применением пены является специализированным и наиболее эффективным решением для защиты объектов хранения и переработки горючих жидкостей (класс В), что закреплено в национальных технических нормативно-правовых актах. Порошковый метод благодаря своей универсальности и безопасности при тушении электроустановок занял прочную нишу в защите объектов с особыми рисками, где применение других ОТВ невозможно или неэффективно.

Оптимальный выбор метода тушения должен основываться на комплексной оценке пожарного риска, определяемой в соответствии с Законом Республики Беларусь «О пожарной безопасности» и детализированной в технических нормативных правовых актах. Дальнейшее развитие заключается в создании комбинированных систем, позволяющих использовать сильные стороны каждого из методов для комплексной защиты уникальных и сложных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.2019 – Минск: Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «РУП Стройтехнорм», 2019. – 99 с.
2. Пожарная техника. Классификация пожаров: ГОСТ 27331-87. – Введ. 01.07.1998. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2023. – 8 с.
3. Средства пожарной автоматики. Область применения. Выбор типа: рекомендации / В. В. Пивоваров [и др.]. – М.: ВНИИПО, 2004. – 96 с.

АВТОНОМНЫЕ УСТРОЙСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шинкоренко К.Е.

Университет гражданской защиты

Ежегодно в Республике Беларусь происходит около 6 тысяч пожаров, на которых суммарно гибнет более 500 человек [1]. Наибольшее количество пожаров происходит в жилищном фонде. Именно по этой причине нормативными требованиями закреплено оборудование жилых комнат многоквартирных и многоквартирных домов автономными пожарными извещателями. Данные технические средства зарекомендовали себя незаменимыми помощниками в обнаружении пожаров на ранней стадии, ежегодно спасая человеческие жизни. Автономный пожарный извещатель предназначен для обнаружения факторов пожара и оповещения о нем, однако

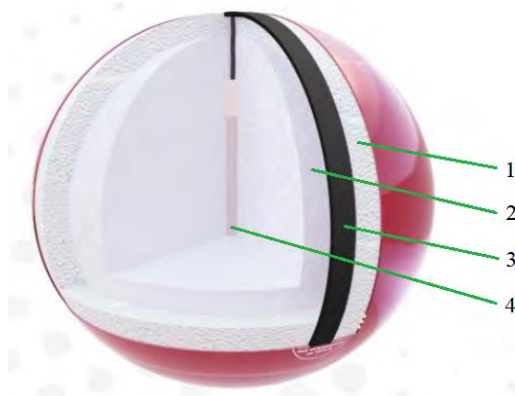
не может приступить к его локализации (ликвидации). Указанная функция реализована в других автономных устройствах, о которых пойдет речь далее. В данном случае будет рассматриваться только оборудование, имеющее сертификат соответствия требованиям [2].

Автономные устройства порошкового пожаротушения FINFIRE. Автономные устройства порошкового пожаротушения (далее – АУПП) «СФЕРА», «ТАБ» и «КУПОЛ» (рис. 1) используются в качестве первичного средства тушения очагов возгорания. Устройства срабатывают автоматически от воздействия пламени. АУПП FINFIRE применяются для тушения классов пожаров А, В, С и Е. Могут использоваться в жилых и общественных зданиях, складских и производственных помещениях, кабельных шахтах и серверных, транспорте и местах его хранения, а также других объектах [3].



Рис. 1. – Общий вид АУПП «СФЕРА» (а), «ТАБ» (б) и «КУПОЛ» (в) [3]

АУПП FINFIRE состоят из полистирольного (пенопластового) корпуса с огнетушащим порошком внутри. По поверхности корпуса проходят огнепроводные шнуры, которые соединены с патроном-распылителем (рис. 2). При возникновении возгорания огонь попадает на АУПП, проходящие по поверхности корпуса огнепроводные шнуры, активируют патрон-распылитель внутри устройства, после чего происходит разрушение корпуса и распыление огнетушащего порошка [3].



1 – полистирольный корпус; 2 – огнетушащий порошок; 3 – огнепроводный шнур; 4 – патрон-распылитель

Рис. 2. – Устройство АУПП FINFIRE

Особенностью устройств «ТАБ» и «КУПОЛ» является их уникальный способ крепления – специальный термостойкий скотч, расположенный с обратной стороны, с помощью которого они могут быть прикреплены к любой ровной поверхности. Компактная конструкция позволяет их устанавливать

в самых труднодоступных местах [3].

В таблице 1 приведены основные технические характеристики АУПП FINFIRE.

Таблица 1. – Основные технические характеристики АУПП FINFIRE [3]

Параметр	Значение		
	«СФЕРА»	«ТАБ»	«КУПОЛ»
Время быстроедействия, с	до 10		
Защищаемый объем, м ³	до 5	до 2,5	до 3
Габаритные размеры, мм	150×150×150±2%	150×150×50±2%	150×150×80±2%
Масса устройства, г	1400±10	560±7	660±7
Масса огнетушащего порошка, г	1340±10	500±7	600±7
Диапазон рабочих температур*, °С	от -50 до +60		
Звуковой эффект при срабатывании, дБ	не более 118		
Срок службы, лет	5		

*В местах хранения и установки АУПП влажность воздуха не должна превышать 80%.

Устройства порошкового пожаротушения **ОРИОН**. Устройство порошкового пожаротушения (далее – УПП) **ОРИОН** (рис. 3) – самосрабатывающее устройство порошкового пожаротушения, предназначенное для тушения возгораний путем забрасывания его в очаг горения твердых, жидких, газообразных веществ и электрооборудования под напряжением до 1000 В. Область применения: жилые и бытовые помещения, дачные дома и гаражи; распределительные щиты, электрооборудование; места хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; камины и печи, в том числе разделки в перекрытиях и кровлях, а также дымовые стояки в чердачных помещениях; места проведения огневых и сварочных работ; автомобильный транспорт и др. [4].



Рис. 3. – Общий вид УПП Орион Альфа α (а), Орион Дельта Δ (б) и Орион Омега Ω (в) [4]

Устройство представляет собой пенопластовый корпус, заполненный огнетушащим порошком. Две группы огнепроводных шнуров ведут к газогенерирующему устройству, расположенному внутри корпуса. Группы шнуров проходят по всем сторонам корпуса, что при любом его положении обеспечивает незамедлительное срабатывание устройства при контакте с огнем. Каждая группа содержит по три огнепроводных шнура. В целях защиты устройства и огнепроводных шнуров от влаги и случайных внешних повреждений корпус устройства и огнепроводные шнуры изолированы в три слоя термоусадочной поливинилхлоридной пленкой. При контакте с огнем огнепроводный шнур воспламеняется и активирует газогенерирующее устройство, которое импульсно генерирует избыточное давление. Это приводит к вскрытию корпуса устройства, сопровождающемуся хлопком громкостью 100–115 дБ, что является дополнительным сигналом, информирующим о возгорании. В результате разрушения корпуса происходит распыление огнетушащего порошка в очаг возгорания [4].

В таблице 2 приведены основные технические характеристики УПП ОРИОН.

Таблица 2. – Основные технические характеристики УПП ОРИОН [4].

Параметр	Значение					
	Орион Альфа α	Орион Дельта Δ	Орион Омега Ω	Орион Альфа α+	Орион Дельта Δ+	Орион Омега Ω+
Время срабатывания, с	не более 3 (непрерывного контакта с огнем)					
Огнетушащая способность (очаг пожара по типу «класс А»), м ²	1,12	1,46	1,46	1,46	1,8	1,8
Габаритные размеры, мм	120×80×120	125×125×125	Ø150	120×80×120	125×125×125	Ø150
Масса заряженного модуля, кг	0,65±0,07	1,25±0,15	1,15±0,15	0,4±0,07	0,7±0,15	0,72±0,15
Масса огнетушащего порошка, кг	0,6±0,07	1,2±0,15	1,1±0,15	0,3±0,07	0,6±0,15	0,7±0,15
Диапазон рабочих температур, °С	от -50 до +90					
Срок службы, лет	10					

Автономные устройства пожаротушения обладают следующими преимуществами [3, 4]:

- позволяют ликвидировать очаги возгорания без участия человека;
- просты в применении и установке, не требуют специальных навыков;
- работают в автономном режиме без источника питания;
- экологически безопасны, не содержат токсичных веществ;
- обладают высокой скоростью реакции на возникновение огня;

реагируют только на открытый огонь или температуру окружающей среды не ниже 190 °С, что исключает вероятность ложной сработки; оповещают при срабатывании хлопком; имеют небольшую массу, позволяющую бросать их в огонь с безопасного расстояния.

Вместе с тем, несмотря на очевидные преимущества автономные устройства пожаротушения имеют свои недостатки:

ограниченная мощность тушения ввиду небольшого запаса огнетушащего вещества;

эффективность зависит от размещения, неправильно выбранное место для установки приведет к поздней сработке;

реагируют только на открытый огонь или высокую температуру окружающей среды, что говорит о развившемся пожаре, ликвидировать который данным устройством не представляется возможным;

завышенная цена за единицу в сравнении с порошковыми огнетушителями, имеющими при этом больший запас огнетушащего вещества [5].

Таким образом, автономные устройства пожаротушения являются довольно эффективным самостоятельным средством локализации (ликвидации) очагов возгорания, не требующим от его владельца никаких дополнительных действий в сравнении с тем же огнетушителем. Это особенно актуально, когда человек в экстренной ситуации может растеряться и забыть, как им пользоваться. При этом рассматриваемые устройства имеют свои недостатки, которые также необходимо учитывать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сводки МЧС (Республика Беларусь) [Электронный ресурс] / Официальный сайт Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/operativnaya-informatsiya/sutochnye-svodki-mchs/>. – Дата доступа: 31.12.2025.
2. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения: ТР ЕАЭС 043/2017: принят 23.06.2017: вступ. в силу 01.01.2020 / Евраз. экон. комис. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2020. – 28 с.
3. Автономные самосрабатывающие огнетушители FINFIRE (Российская Федерация) [Электронный ресурс] / FINFIRE. – Режим доступа: <https://finfire.ru/>. – Дата доступа: 06.12.2025.
4. Устройства порошкового пожаротушения ОРИОН (Российская Федерация) [Электронный ресурс] / ОРИОН. – Режим доступа: <https://byorion.ru/product/avtonomnye-ustroystva-poroshkovogo-pozharotusheniya/>. – Дата доступа: 08.12.2025.
5. Каталог товаров онлайн-гипермаркета 21vek.by (Республика Беларусь) [Электронный ресурс] / 21vek.by. – Режим доступа: https://www.21vek.by/fire_extinguishers/3508759/. – Дата доступа: 12.12.2025.

Секция 4
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАДЗОРНОЙ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ПРИЧИН И УСЛОВИЙ, СПОСОБСТВУЮЩИХ
СОВЕРШЕНИЮ ПРАВОНАРУШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Горошко Е.Ю., Матейчик Д.Г.

Университет гражданской защиты

Ежегодно в Беларуси происходит более пяти тысяч пожаров. В таблице 1 приведены статистические данные о количестве пожаров и гибели людей от них за 2019-2024 годы [1].

Таблица 1. Статистические данные о количестве пожаров и гибели людей от них за 2019-2024 годы

	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Пожары	6112	6071	6257	5938	5677	6216
Погибшие	490	633	672	628	524	533

В связи с этим, государством уделяется большое внимание обеспечению пожарной безопасности, в том числе и профилактической деятельности в данном направлении. Профилактика правонарушений в области обеспечения пожарной безопасности осуществляют органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Из анализа практики основными причинами совершения правонарушений в области обеспечения пожарной безопасности являются: нарушение требований пожарной безопасности по их незнанию; беспечное отношение граждан к требованиям пожарной безопасности, нежелание их исполнять ввиду убежденности и самонадеянности, что пожар не произойдет.

Правовой основой профилактической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности органами государственного пожарного надзора являются: закон Республики Беларусь от 04 января 2014 г. N 122-3 «Об основах деятельности по профилактике правонарушений» [2], закон Республики Беларусь от 15 июня 1993 г. N 2403-XII «О пожарной безопасности» [3], Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях [4], Процессуально-исполнительный кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях [5]. В соответствии с законодательством, должностные лица в ходе осуществления своих

должностных обязанностей по обеспечению пожарной безопасности обязаны выявлять причины и условия, способствующие совершению правонарушений в области пожарной безопасности и принять меры для их предотвращения. Для этого, статьей 11.29 Процессуально-исполнительного кодекса об административных правонарушениях Республики Беларусь «Предложения об устранении причин и условий, способствовавших совершению административного правонарушения» определен процессуальный порядок вынесения предложения по устранению причин и условий, способствующих совершению административных правонарушений. Так, «при установлении причин и условий, способствовавших совершению административного правонарушения, судья имеет право вынести частное определение, а орган, ведущий административный процесс, – направить предложения о принятии мер по устранению этих причин и условий в соответствующие государственные органы и иные организации. Должностные лица государственных органов и иных организаций обязаны в течение месяца со дня поступления частного определения или предложения сообщить о принятых мерах суду, органу, ведущему административный процесс, их вынесшим и направившим» [5].

Статистические данные применения статьи 11.29 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях за 2024-2025 годы свидетельствуют, что субъекты профилактики достаточно часто используют данное им законодателем право по вынесению предложений о принятии мер по устранению причин и условий, способствующих совершению правонарушений (Таб.2) [1].

Таблица 2. Статистические данные о применении статьи 11.29 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях за 2024-2025 гг.

Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
2024 -	2024 -55	2024 -20	2024 - 13	2024 - 39	2024 - 88
2025 -	2025 -28	2025 -7	2025 - 6	2025 - 33	2025 - 84

Сегодня в правоприменительной деятельности органов государственного пожарного надзора в рамках профилактических мероприятий, в частности, при составлении предложений об устранении причин и условий, способствовавших совершению административного правонарушения, имеется ряд проблемных вопросов, которые подлежат анализу и разрешению.

Первое, в правоприменительной практике не выработана единая процессуальная форма предложения об устранении причин и условий, способствовавших совершению административного правонарушения, с указанием обязательных данных (обстоятельств, способствующих совершению административного правонарушения, доказательств, подтверждающих их наличие, предложений конкретного характера об устранении этих обстоятельств либо нарушений и т.д.).

Второе, номенклатурно не установлен срок, в течение которого должностное лицо органа государственного пожарного надзора имеет право

направлять предложение об устранении причин и условий, способствовавших совершению административного правонарушения. Так, статья 11.29 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях определена в главе 11 «Подготовка дела об административном правонарушении к рассмотрению». Согласно статье 11.1 «Сроки подготовки дела об административном правонарушении к рассмотрению» подготовка дела об административном правонарушении за нарушение требований пожарной безопасности должна быть осуществлена не позднее десяти суток со дня начала административного процесса [5]. При этом, подготовка дела об административном правонарушении должна проводиться в соответствии с уголовно-процессуальным законодательством (установлением всех обстоятельств правонарушения, сбора доказательств и т.д.). Таким образом, можно предположить, что предложение об устранении причин и условий должно выноситься в течение подготовки дела об административном правонарушении к рассмотрению, то есть до составления протокола об административном правонарушении или до вынесения документа (постановления) об освобождении лица, совершившего административное правонарушение, от административной ответственности, после установления обстоятельств совершения административного правонарушения и сбора доказательств вины виновного лица. Вместе с тем, конкретного процессуального срока вынесения предложения нормативными и другими актами не предусмотрено.

Третье. Полагаем, целесообразным уделить внимание вопросу ответственности за невыполнение (ненадлежащее исполнение) предложения, вынесенного в соответствии со ст.11.29 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях и не предоставлении информации о принятых мерах. Статья 25.3 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях определяет ответственность за «Непринятие мер по частному определению (постановлению) суда или представлению об устранении нарушений законодательства, причин и условий, способствующих совершению правонарушений». Содержательный компонент данной нормы следующий: «Оставление должностным лицом без рассмотрения частного определения (постановления) суда или представления об устранении нарушений законодательства, причин и условий, способствующих совершению правонарушений, внесенного Следственным комитетом, органами внутренних дел, прокуратуры, государственной безопасности, пограничной службы, таможенными органами, органом государственной охраны, органами финансовых расследований Комитета государственного контроля, органами и подразделениями по чрезвычайным ситуациям, лицом, производящим дознание, следователем, либо непринятие мер к устранению указанных в них нарушений, а равно несвоевременный ответ на такие частное определение (постановление) или представление – влекут наложение штрафа в размере до десяти базовых величин». Очевиден, вопрос процессуальной формы, о которой речь шла выше, относительно вынесения предложения об устранении причин и

условий, способствующих совершению правонарушения (в соответствии со статьей 11.29 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях) либо представления, как указано в статье 25.3 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях, в соответствие с которой предусмотрена ответственность должностных лиц. Полагаем, данный вопрос должен быть урегулирован путем внесения изменений в административно-процессуальное законодательство в рамках его унификации.

Таким образом, для совершенствования профилактической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности в части выявления и устранения причин и условий, способствующих совершению правонарушений, необходим анализ и унификация законодательных норм, более детальная проработка процессуальной формы деятельности субъектов профилактики и процессуальных сроков в данном сегменте деятельности. Это позволит выстроить систему профилактических мероприятий в области обеспечения пожарной безопасности, в том числе и при межведомственном взаимодействии, более эффективно и качественно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 03.11.2025.
2. О профилактике правонарушений [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 4 янв. 2014 г. № 122-3: принят Палатой представителей 16 дек. 1999 г.: одобр. Советом Респ. 19 декабря 1999 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 18.01.2018 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.
3. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 15 июня. 1993 г. № 2403-XII: принят Палатой представителей 10 окт. 2019 г.: одобр. Советом Респ. 25 окт. 2019 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 16.10.2025 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.
4. Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 06 января 2021г., № 91-3: принят Палатой представителей 19 дек. 2020 г.: одобр. Советом Респ. 18 дек. 2020 г. / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.
5. Процессуально-исполнительный кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 06 января 2021г., № 92-3: принят Палатой представителей 19 дек. 2020 г.: одобр. Советом Респ. 18 дек. 2020 г. / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УГОЛОВНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА О НАРУШЕНИИ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Горошко Е.Ю., Требик В.А.

Университет гражданской защиты

Нарушение законодательства о пожарной безопасности является основной причиной пожаров. При этом законодательство о пожарной безопасности нарушается не только собственниками домовладений, но и их близкими родственниками. За последние 6 лет на территории Брестской области произошло более пяти ста пожаров, виновниками которых явились близкие родственники (супруги, родители, дети, усыновители, родные братья, родные сестры, дедушки, бабушки, внуки) собственников домовладений (Таб.1) [1].

Таблица 1. Количество пожаров, произошедших в Брестской области за 2019-2024 гг.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Пожары	917	891	981	904	830	450
Пожары по вине близких родственников	186	167	155	128	96	57
Возбуждено уголовных дел	5	6	1	1	1	3
Возбуждено уголовных дел в отношении близких родственников по	4	4	1	1	0	1

За нарушение требований пожарной безопасности в Республике Беларусь, в случае квалификации данного нарушения как преступление, предусмотрена уголовная ответственность по статье 304 Уголовного кодекса Республики Беларусь «Нарушение требований пожарной безопасности» [2]. Уголовно-процессуальное законодательство Республики Беларусь, а именно часть 7 статьи 26 Уголовно-процессуального кодекса Республики Беларусь определяет, что противоправное деяние, юридический состав которого закреплён в статье 304 Уголовного кодекса Республики Беларусь является делом публичного обвинения [3]. Соответственно, при нарушении требований пожарной безопасности при наличии оснований уголовной ответственности начало уголовного процесса объективно обусловлено независимо от наличия заявления собственника либо потерпевших лиц. При возбуждении уголовного дела по статье 304 Уголовного кодекса Республики Беларусь «Нарушение требований пожарной безопасности» отсутствует возможность его

прекращения «за примирением сторон», в том числе и в случае, если виновником пожара является близкий родственник. Сегодня в правоприменительной практике, в данном контексте, имеет место быть ситуация, когда в случае нарушения законодательства о пожарной безопасности одним из родителей, по неосторожности погибает второй родитель, субъект совершения преступления (живой родитель) находится в процессе уголовного преследования, их малолетние дети определяются в детские дома. Полагаем, с учетом современных тенденций белорусской правовой системы по декриминализации уголовных деяний, социальными приоритетами государства в области обеспечения демографической стабильности страны, государственной поддержке семьи, существует объективная необходимость в послаблении уголовной ответственности за нарушения требований пожарной безопасности различными субъектами в случае примирения сторон. Представляется, что данный вопрос целесообразно разрешить путем внесения изменения в уголовно-процессуальное законодательство Республики Беларусь в части переквалификации статьи 304 Уголовного кодекса Республики Беларусь из статьи публичного в статью частного либо частно-публичного обвинения. На основании вышеизложенного, предлагается внести изменения в статью 26 Уголовно-процессуального кодекса Республики Беларусь путем дополнения частей 2, 3 или 4 вышеуказанной статьи, статьей 304 Уголовного кодекса Республики Беларусь.

Внесение изменений в статью 26 Уголовно-процессуального кодекса Республики Беларусь повлечет унификацию межведомственного и ведомственного законодательства в части проведения проверочных мероприятий по фактам пожаров органами государственного пожарного надзора. Так, изменению будет подлежать межведомственная Инструкция «О порядке взаимодействия органов прокуратуры, предварительного следствия, дознания и Государственного комитета судебных экспертиз в ходе досудебного производства», утвержденная Постановлением Генеральной прокуратуры Республики Беларусь, Следственного Комитета Республики Беларусь, Министерства внутренних дел Республики Беларусь, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Министерства обороны Республики Беларусь, Комитета государственной безопасности Республики Беларусь, Государственного пограничного комитета Республики Беларусь, Таможенного комитета Республики Беларусь, Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь от 26.12.2016 №36/278/338/77/42/7/32/17/28/24, ведомственная Инструкция «О порядке приема, регистрации, учета и рассмотрения в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям информации о пожарах», утвержденная приказом Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 31.03.2021 №73.

Переквалификация статьи 304 Уголовного кодекса Республики Беларусь из статьи публичного в статью частного либо частно-публичного обвинения позволит снизить количество возбужденных дел за нарушение требований

пожарной безопасности в отношении лиц, к которым собственник повреждённого (уничтоженного) имущества претензий не имеет, во многих случаях сохранить устоявшиеся семейно-бытовые отношения и, в целом, способствовать поддержанию здорового морально-психологического климата белорусского общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 03.11.2025.
2. Уголовный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 9 июля 1999 г., № 275-З: принят Палатой представителей 2 июня 1999 г.: одобр. Советом Респ. 24 июня 1999 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 17.02.2025 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.
3. Уголовно-процессуальный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 16 июля 1999 г., № 295-З: принят Палатой представителей 24 июня 1999 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 17.02.2025 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

НЕДОСТАТКИ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ОТСУТСТВИЕ ЕДИНОГО ПОДХОДА К ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВСЕХ ЭТАПАХ: ОТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ ОБЪЕКТА

Герасимова Е.А.

Академия управления при Президенте Республики Беларусь

На сегодняшний день обеспечение пожарной безопасности объекта приобретает особую актуальность и на различных стадиях жизненного цикла объекта сталкивается с рядом проблем. Главную роль в этом играет - несовершенство нормативного регулирования и отсутствие обязательного соблюдения безопасности от этапов проектирования до эксплуатации и ликвидации объекта.

Правовая основа и принципы организации системы пожарной безопасности закреплены в Законе Республики Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403-XII «О пожарной безопасности», Техническом кодексе установившейся практики ТКП 45-1.03-44-2016 «Системы противопожарной защиты. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования», Строительных Нормах 2.02.05-2020 «Пожарная безопасность зданий и сооружений», Декрете Президента № 7 от 23.11.2017 с приложениями, особые требования для отдельных объектов (Постановления Совмина № 559–781 от 2019 г.), в «Правилах пожарной безопасности жилых домов и иных

сооружений» и других нормативных правовых актах, которые организуют комплекс мероприятий по предотвращению пожаров и минимизации рисков на всех этапах жизненного цикла объекта, предусматривают организационно-технические меры, ответственность и контроль.

За нарушение выше перечисленных нормативных правовых актов следует административная или уголовная ответственность, а именно должностные лица органов государственного пожарного надзора в соответствии с частями 1 и 2 статьи 3.30 Процессуально-исполнительного кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях, уполномочены составлять протоколы по частям 1 и 2 статьи 10.8 (за правонарушения, совершенные путем поджога), статьями 15.29, 15.57, 15.58, 18.11, 20.12, 23.1-23.5, частями 1, 4 и 7 статьи 23.11, частям 1, 3 и 4 статьи 23.12, статьям 23.35, 23.48 (за правонарушения, совершенные при обращении с легковоспламеняющимися веществами и пиротехническими изделиями), 23.56, 24.3, 24.4-24.6 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях.

Но несмотря на количество нормативных правовых актов, сложность и фрагментарность документов, на наличие «санкций», действующая система не совершенна, так как отсутствует единый стандарт для условий обеспечения безопасности, за последние два шага в сфере пожарной безопасности накопилось несколько тысяч нормативных правовых актов (НПА), зачастую дублирующих и противоречащих друг другу, скорость обновления Технических Нормативных Правовых Актов не успевает за скоростью появления новых материалов, технологий и архитектурных решений. Из этого вытекает следующее: недоработки в регулировании этапов ликвидации объекта, ряд серьезных нарушений и их последствия.

Для повышения уровня пожарной безопасности необходимо перейти от системы разрозненных предписаний к интегрированной системе управления пожарными рисками на протяжении всего жизненного цикла объекта. Основой для этого должны стать цифровизация данных в Единый Цифровой Паспорт Пожарной Безопасности и внедрение института независимых аккредитованных органов по оценке соответствия, что позволит сделать регулирование более гибким и эффективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Текст научной статьи «Оптимизация нормативно-правового регулирования обеспечения пожарной безопасности в Республике Беларусь», Горошко Е.Ю., Бордак С.С.
2. Итоги общественного обсуждения проекта постановления Совета Министров Республики Беларусь «Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь от 17 мая 2004 г. № 576 и от 24 мая 2008 г. № 734» (эл.р.) <https://pravo.by/novosti/novosti-pravo-by/2020/january/44743/> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь.

3. Пожарная безопасность в Республике Беларусь. П46 Общие требования / Сборник спецтребований. — Минск: Энергопресс, 2020. — 350 с.
4. Текст научной статьи «Права органов государственного пожарного надзора по наложению административных взысканий», Бойко В.П., Зайнудинова Н.В.

НОВЫЕ МЕДИА КАК МЕХАНИЗМ ИДЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В ОРГАНАХ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Лаушкин М.Г., Ласута Г.Ф.

Университета гражданской защиты

В условиях стремительного развития цифровых технологий, глобализации коммуникационных процессов и трансформации информационного пространства идеологическая работа государственных структур претерпевает значительные изменения. Новые медиа становятся не просто каналами передачи информации, но полноценными инструментами формирования ценностных установок, эмоционального вовлечения и устойчивой идентичности.

Особенно актуально это для структур, обеспечивающих национальную безопасность, общественную стабильность и защиту населения — таких как органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. На сегодняшний день миссия МЧС выходит далеко за рамки оперативного реагирования. Это — миссия гуманитарная, воспитательная и просветительская. Она включает в себя воспитание гражданской ответственности, формирование патриотических ценностей, поддержку корпоративной культуры и создание позитивного образа спасателя в общественном сознании. В данном контексте новые медиа позволяют транслировать эти смыслы с высокой степенью эмоциональной точности, визуальной выразительности и интерактивной вовлеченности. Именно поэтому изучение их потенциала в контексте идеологической работы становится не только актуальным, но и необходимым для повышения эффективности коммуникационной стратегии МЧС и укрепления связи между службой и обществом.

В рамках настоящего исследования всесторонне рассмотрены теоретические основания идеологической работы и медиа-коммуникаций, проанализирована организационная структура и ключевые направления идеологической деятельности в системе МЧС Республики Беларусь, изучены существующие практики применения новых медиа в служебной и общественной коммуникации, а также выявлены перспективные направления развития цифровых форм идеологического взаимодействия в контексте задач государственной службы.

1. Исследования теоретико-методологических основ идеологической работы и новых медиа, показало, что идеологическая работа — ключевой элемент государственной безопасности, направленный на формирование устойчивых ценностных ориентиров, патриотизма и гражданской

ответственности. Исследование развития медиа показало, что они прошли путь от односторонней трансляции к интерактивным цифровым платформам, изменив характер коммуникации и вовлечения аудитории. В современных реалиях новые медиа (соцсети, блоги, видеохостинги) стали мощным инструментом формирования гражданской идентичности, особенно среди молодежи, благодаря визуальности, интерактивности и доступности. Сама идеологическая работа в цифровую эпоху требует переосмысления методов и каналов воздействия: новые медиа открывают возможности для более гибкого, адресного и эмоционально насыщенного патриотического воспитания.

2. Идеологическая работа в МЧС структурирована по вертикали: от центрального аппарата до подразделений, с четким распределением задач – от воспитания до информационного сопровождения. Основными формами работы являются тематические мероприятия, встречи, конкурсы, информационные стенды, а также работа с личным составом через наставничество и неформальное общение. Идеологическая работа в МЧС проходит последовательно и укрепляет корпоративную культуру, дисциплину и чувство принадлежности к профессии, что особенно важно в условиях высокой психологической нагрузки и рисков работы спасателей.

3. МЧС Беларуси активно присутствует в цифровом пространстве: ведет аккаунты в соцсетях, публикует видеоконтент, развивает сайты, включая интерактивные и обучающие форматы. Новые медиа открывают перед ведомством стратегические перспективы в сфере идеологической работы, а именно:

- Новые медиа позволяют перейти от монологической модели идеологического воздействия к диалоговой, где граждане становятся активными участниками коммуникации. Социальные сети, видеохостинги и мессенджеры обеспечивают мгновенную обратную связь, что усиливает доверие к службе и позволяет оперативно корректировать информационную повестку. Все это особенно важно в условиях гибридных угроз (дезинформация, фейки) – новые медиа становятся инструментом информационной безопасности, позволяя МЧС оперативно реагировать и формировать устойчивые ценностные ориентиры.

- Новые медиа позволяют интегрировать идеологическую работу в повседневную цифровую среду граждан – через лайфхаки, обучающие ролики, сторис, мемы, что в свою очередь формируется цифровая культура безопасности, где ценности МЧС (служение, ответственность, солидарность) становятся частью онлайн-идентичности пользователей.

- Использование алгоритмов позволяет персонализировать идеологические сообщения – адаптировать их под возраст, интересы, регион пользователя, что особенно важно для работы с разнородными аудиториями: подростками, молодыми родителями, ветеранами, сотрудниками МЧС. Персонализированные сообщения повышают эффективность воздействия и позволяют строить устойчивые цифровые сообщества вокруг ценностей службы.

- Внедрение новых медиа требует переподготовки кадров, развития медиаграмотности и креативных компетенций у идеологических работников. Перспективно создание медиалабораторий при университетах МЧС, где будут разрабатываться сценарии, визуальные решения и стратегии цифрового

патриотизма. Важна интеграция новых медиа в систему оценки эффективности идеологической работы, включая метрики охвата, вовлечённости и эмоционального отклика.

Новые медиа – это не просто канал коммуникации, а среда формирования идеологического ландшафта, где МЧС может укреплять доверие, формировать патриотизм и развивать культуру безопасности. Их грамотное использование требует научного подхода, креативных решений и институциональной поддержки.

ОБОСНОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО СОСТАВА ОБЪЕКТОВОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Порошин А.А., Стрельцов О.В., Кондашов А.А., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

Ранее численность надзорно-профилактического профилактического состава пожарной охраны предприятия определялась на основе оценок затрат рабочего времени на виды пожарно-профилактической работы с учётом количества смен и загруженности предприятия в каждую смену [3].

Профилактические подразделения объектовой пожарной охраны созданы на 83,1% предприятий. Наибольшая доля предприятий с наличием профилактического подразделения наблюдается в следующих отраслях промышленности: машиностроении и металлообработки – 93,9%, в чёрной металлургии – 92,6%, в цветной металлургии – 90,9%, в судостроении и судоремонте – 90,5% (рисунок 1).

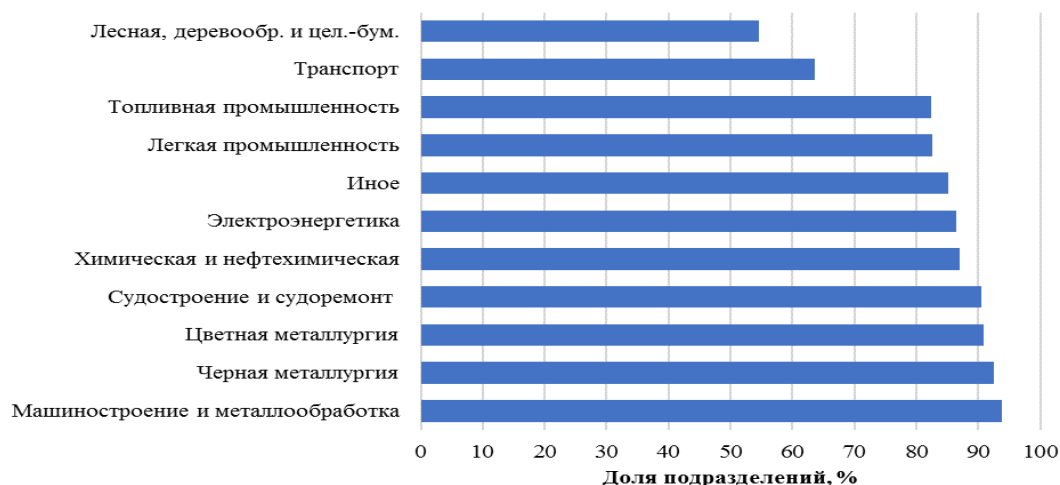


Рис. 1. Доля производственных объектов, на которых имеются профилактические подразделения объектовой пожарной охраны

Для анализа технико-экономических характеристик производственных объектов, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны, а

также характеристик самих объектовых подразделений проведён анкетный мониторинг. По результатам собрана и обработана информация о 726 производственных объектах [5].

Разработан новый подход расчёта численности личного состава подразделений пожарной охраны для организации и осуществления профилактики пожаров на объектах промышленной сферы. В основе метода лежит расчёт безразмерного вычислительного комплекса ($U_{по}$), характеризующего состояние пожарной опасности производственного объекта.

Для вычисления комплекса $U_{по}$ используются показатели обстановки с пожарами для отрасли производства, к которой относится рассматриваемый производственный объект:

- количество пожаров в течение года в расчете на 100 предприятий (X_1 , ед.);
- количество людей, погибших и травмированных при пожарах, в расчете на 1000 пожаров предприятий (X_2 , чел.);
- средний ущерб от одного пожара (X_3 , руб.).

Также учитываются технико-экономические характеристики производственного объекта, влияющие на уровень пожарной опасности:

- площадь территории (Y_1 , м²);
- площадь застройки зданиями и сооружениями (Y_2 , м²);
- площадь застройки открытыми технологическими установками (Y_3 , м²);
- общая численность персонала (Y_4 , чел.) и численность персонала в наиболее загруженную смену (Y_5 , чел.);
- масса единовременно обращающихся в наружных технологических установках пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред (Y_6 , тонн);
- суммарная площадь зданий (сооружений) V степени огнестойкости (Y_7 , м²);
- площадь застройки зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесёнными к категориям взрывопожароопасности А (Y_8 , м²), Б (Y_9 , м²), В1-В4 (Y_{10} , м²), Г (Y_{11} , м²);
- фактическое количество пожаров в течение 5 лет (Y_{12} , ед.);
- расстояние по транспортной сети до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов (Y_{13} , км).

Уровень пожарной опасности для отрасли производства определяется на основе безразмерного комплекса (S_1), для вычисления которого используется формула

$$S_1 = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \frac{X_i}{X_{i,сп}},$$

где α_i – весовые коэффициенты, формирующие вклад каждого слагаемого в итоговое значение S_1 , безр. Определяются на основе метода экспертной оценки.

$X_{i, \text{cp}}$ – средние значения показателей X_i по всем отраслям производства.

Значения показателей X_i для каждой отрасли производства определены с использованием статистических данных за 2020-2023 гг. по пожарам и их последствиям на объектах промышленности [1, 2].

Для автоматизации проведения процедуры расчета численности личного состава объектового подразделения пожарной охраны для организации и осуществления профилактики пожаров разработана программа для ЭВМ «Профилактический состав объектового подразделения пожарной охраны» [4]. При введении в действие изменений и дополнений в приказ МЧС России от 15 октября 2021 г. № 700 настоящая компьютерная программа может быть использована органами управления промышленного предприятия и (или) территориальных подразделений МЧС России для проведения расчетов по обоснованию численности профилактического состава объектового подразделения пожарной охраны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобринев, Е.В. Изучение распределения рисков гибели людей при пожарах по отраслям производства / Е.В. Бобринев., А.А. Кондашов., Е.Ю. Удавцова //: Сборник тезисов I Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность, системы жизнеобеспечения, промышленные технологии: проблемы и перспективы». – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. – С. 17-20.
2. Изучение показателей экономического ущерба от пожаров по отраслям промышленности Российской Федерации / О.В. Стрельцов, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова и др. // Материалы национальной научно-практической конференции «Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности». – Оренбург: 2024. – С. 232-236.
3. Определение численности личного состава пожарной охраны, необходимого для проведения пожарно-профилактической работы на предприятии / А.А. Порошин, В.А. Маштаков, Ю.А. Матюшин и др. // Пожарная безопасность. – 2013. – № 3. – С. 63-70.
4. Программа по расчету численности объектового подразделения пожарной охраны для организации и осуществления профилактики пожаров на предприятии (Профилактический состав пожарной охраны) / А.А. Кондашов, О.С. Маторина, А.А. Порошин и др. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025614478 Российская Федерация: № 2025612391; заявлено 12.02.2025; опубликовано 21.02.2024; заявитель ФГБУ ВНИИПО МЧС России.
5. Формирование информационной базы для расчета ресурсного обеспечения пожарной охраны по защите организаций от пожаров / П.А. Марахов, А.А. Порошин, О.В. Стрельцов и др. // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 3(52). С. 22-29.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАДЗОРНОЙ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС

Симонов А.Е., Контява Е.Д., Костюкевич Н.А.

Университет гражданской защиты

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь является одним из важнейших государственных органов страны, ответственных за обеспечение безопасности и предупреждение чрезвычайных ситуаций различного характера. Среди широкого спектра его задач особое место занимают контрольно-надзорные функции, направленные на контроль за соблюдением требований пожарной безопасности, законодательства о гражданской обороне, промышленной безопасности и правил защиты людей в чрезвычайных ситуациях [1]. Несмотря на наличие развитой нормативно-правовой базы, сохраняются системные проблемы, ограничивающие их возможности в полной мере выполнять свои задачи.

Одной из основных проблем надзорной системы МЧС является чрезмерная бюрократизация ее деятельности. Процесс проведения проверок и предоставления отчетности зачастую сопряжен со значительным объемом бумажной работы и административных формальностей. Инспекторам приходится заполнять многочисленные формы, готовить подробные отчеты и соблюдать жесткие процедурные требования, что отнимает драгоценное время и ресурсы. В результате документированию порой уделяется больше внимания, чем фактической оценке состояния безопасности. Это не только снижает эффективность, но и создает возможности для формального подхода к проверкам, когда соответствие требованиям оценивается на бумаге, а не на практике.

Действующая законодательная и нормативная база, регулирующая надзорную деятельность МЧС, зачастую отстаёт от технологических и социальных изменений. Некоторые положения устарели, чрезмерно жёстки или противоречивы, что создаёт трудности в их применении и толковании. Действующая правовая база, недостаточно адаптирована к специфике мегаполисов. Например: требования к пожарным проездам и эвакуационным путям зачастую невозможно выполнить из-за архитектурных особенностей зданий XIX–XX вв [1]. Требования строительных норм и правил (СНиПов) и сводов правил (СП), дублируя друг друга, имеют различный правовой статус, создавая нормативную неразбериху. Частые изменения нормативных актов без достаточных переходных периодов ещё больше усложняют работу инспекторов и предприятий. Эта нестабильность снижает уровень соблюдения требований и создаёт ощущение произвола в решениях надзорных органов.

Возможности МЧС в области надзора часто ограничены недостаточным финансированием. Бюджетные ограничения могут ограничивать возможности по проведению комплексных проверок, укомплектованию штата и внедрению

необходимых программ обучения. Это напрямую влияет на качество предоставляемых услуг, снижая эффективность мер контроля.

Многие региональные управления МЧС по-прежнему работают на устаревшем оборудовании и испытывают нехватку технологических ресурсов. Отсутствие современных цифровых инструментов ограничивает возможности проведения риск-ориентированного анализа, удаленного мониторинга и эффективного управления данными [2]. Кроме того, наблюдается нехватка квалифицированных кадров, особенно в областях, требующих специальных технических знаний. Низкая заработная плата и высокая рабочая нагрузка отпугивают молодых специалистов от поступления на службу или сохранения службы. Эта кадровая проблема влияет на качество и объективность проверок, особенно в сложных промышленных отраслях. Ещё одним недостатком является ограниченная прозрачность контрольно-надзорных процедур.

Предприятия и граждане зачастую не имеют доступа к чёткой информации о критериях проведения проверок, процессах принятия решений и результатах надзорных действий. Это способствует росту общественного недоверия и может создавать условия для коррупции или злоупотребления полномочиями. Кроме того, существуют случаи, когда результаты проверок не публикуются или представляются в форме, сложной для понимания неспециалистами. Без прозрачных механизмов подотчётности сложно оценить эффективность и справедливость надзорной деятельности МЧС.

Эффективное управление рисками имеет решающее значение для определения приоритетов в надзорной деятельности с учетом потенциальной серьезности и вероятности различных угроз. Однако существующие в МЧС методологии оценки рисков могут не в полной мере отражать сложность современных рисков, особенно связанных с изменением климата и технологическим прогрессом. Недостаточный сбор данных еще больше усугубляет эту проблему, приводя к недостаточной ситуационной осведомленности. Без точной оценки рисков ресурсы могут распределяться неэффективно. МЧС может непропорционально сосредоточить усилия на районах с низким уровнем риска, игнорируя секторы с более высокой степенью опасности, что в конечном итоге ставит под угрозу общественную безопасность. Еще одна проблема заключается в слабой координации между МЧС и другими государственными органами, ответственными за охрану окружающей среды, регулирование в промышленности и градостроительство. Пересечение полномочий может приводить к дублированию проверок или, наоборот, к пробелам в контроле [2].

Участие общественности в надзоре также ограничено. Граждане и неправительственные организации редко участвуют в обсуждении политики безопасности или мониторинге деятельности МЧС. Расширение такого участия могло бы способствовать повышению ответственности и повышению уровня культуры безопасности среди населения. Важным аспектом превентивных мер является информирование общественности о правилах безопасности и готовности к чрезвычайным ситуациям.

К сожалению, зачастую не хватает информационно-просветительских кампаний, направленных на разъяснение гражданам их ответственности и способов реагирования на чрезвычайные ситуации. Недостаточное участие общественности может привести к несоблюдению требований и повышению уязвимости во время стихийных бедствий.

Надзорный характер деятельности МЧС, особенно связанный с выдачей разрешений, согласований или санкций, создает благоприятную почву для коррупции. Инспекторы, имеющие полномочия налагать штрафы или приостанавливать деятельность, могут злоупотреблять своими полномочиями в личных целях. Несмотря на усиление мер по борьбе с коррупцией в последние годы, проблема сохраняется. В некоторых регионах зависимость бизнеса от заключений надзорных органов приводит к формированию неформальных отношений и непрозрачной практики, подрывая как стандарты безопасности, так и авторитет учреждения.

В заключение следует отметить, что деятельность контрольно-надзорных органов МЧС имеет решающее значение для обеспечения безопасности и управления чрезвычайными ситуациями. Однако существенные проблемы и ограничения – от устаревших нормативных актов и недостатка ресурсов до неэффективных методов оценки рисков и проблем с коммуникацией – снижают эффективность их работы. Для улучшения ситуации необходимо модернизировать нормативную базу, оптимизировать распределение финансовых и кадровых ресурсов, а также улучшить координацию между различными ведомствами [1].

Кроме того, приверженность принципам прозрачности и этики имеет решающее значение для восстановления общественного доверия и обеспечения выполнения МЧС своей важнейшей миссии в условиях меняющихся угроз и вызовов. Решая эти проблемы, МЧС сможет укрепить свой потенциал по защите граждан и эффективному управлению чрезвычайными ситуациями в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков В.А., Чирков Д.К. Государственный контроль и надзор. Проблемы и пути совершенствования // Научный Лидер. 2025. №13. 214 с.
2. Митрофанов И.А. Контрольно-Надзорная Деятельность В Области Пожарной Безопасности // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №12-4. 99 с.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ЭЛЕМЕНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СУБЪЕКТОВ ПРОФИЛАКТИКИ

Кравцов А.Г.¹, Старосто Р.С.²

¹Национальная академия наук Республики Беларусь

²Университет гражданской защиты

Повышению эффективности защиты граждан и экономики страны от чрезвычайных ситуаций постоянно уделяется повышенное внимание, как со стороны государства, так и Министерства по чрезвычайным ситуациям. Достижение этой цели обеспечивается формированием в обществе культуры безопасной жизнедеятельности, созданием и внедрением инноваций в предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Своевременным и взвешенным решением в сложившейся ситуации является Директива Президента Республики Беларусь №1 от 11 марта 2004 «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины», которая определяет основные направления обеспечения общественной безопасности, снижения гибели и травматизма людей в чрезвычайных ситуациях и на производстве, повышает ответственность руководителей различных уровней.

Немало усилий направлено на формирование у населения культуры безопасности жизнедеятельности и изменение мировоззрения человека на вопросы безопасности. Работниками МЧС в учреждениях образования постоянно проводится работа по обучению учащихся и студентов действиям в чрезвычайных ситуациях.

Кроме мероприятий противопожарной пропаганды и обучения населения своевременно проводятся практические превентивные мероприятия по приведению домовладений многодетных семей, престарелых и инвалидов, одиноко проживающих граждан в пожаробезопасное состояние.

Однако в целом, проводимый в Республике Беларусь комплекс мероприятий не позволяет стабилизировать обстановку с пожарами и гибелью людей от них. Согласно статистических данных МЧС Беларуси за 11 месяцев 2025 произошло 5868 чрезвычайных ситуаций техногенного характера, из них 5681 пожар. На пожарах погибло 477 человек. Около 90% пожаров произошло в жилом секторе. Основной причиной пожаров является неосторожное обращение с огнём - 72% , неисправность электропроводки - 12%, нарушение правил эксплуатации печного отопления - 11%, другие причины - 5%.

Повлиять на ситуацию, сложившуюся в результате пожаров и гибели людей от них, возможно только при активном и непосредственном участии всех органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов власти, в обеспечении целевого и адресного финансирования противопожарных мероприятий, укреплении материально-технической базы органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям.

Таким образом, управление в области обеспечения пожарной безопасности относится не только к компетенции органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, но и Советов депутатов и местных исполнительных и распорядительных органов власти, которые должны принимать непосредственное и действенное участие в вопросах пожарной безопасности и не абстрагироваться от их решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев, Ю.А. Методические основы прогнозирования оперативной обстановки с пожарами / Ю.А. Андреев, С.П. Амельчугов, С.В. Негина // Сопряженные задачи механики, информатики и экологии. Материалы междунар. конф. – Томск, 2002. – С. 14-15.
2. Андреев, Ю.А. Влияние социальных и климатических условий на уровень пожарного риска / Ю.А. Андреев, Д.С. Серебренников, С.В. Амельчугова., С.Ю. Комаров // Пожаровзрывобезопасность, – М., 2010. – № 12. – С. 34-38.
3. Официальный сайт Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/ru> - Дата доступа: 02. 12. 2025.

РАБОТА, ПРОВОДИМАЯ С НЕБЛАГОПОЛУЧНОЙ КАТЕГОРИЕЙ ГРАЖДАН, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Кравцов А.Г.¹, Старосто Р.С.², Пугачёв О.М.²

¹ Национальная академия наук Республики Беларусь

² Университет гражданской защиты

Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь постоянно уделяется повышенное внимание работе с неблагополучной категорией граждан.

Директива Президента Республики Беларусь №1 от 11 марта 2004 «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины», определяет основные направления обеспечения общественной безопасности, снижения гибели и травматизма в чрезвычайных ситуациях.

Инспекторы государственного пожарного надзора утверждают: «Неблагополучные граждане первые кандидаты на пожар».

Неисправная электропроводка, трещины в отопительной печи, повсюду горы легковоспламеняющегося мусора. Все эти неблагоприятные факторы неизменно ведут к одному и тому же результату: как говорится и палка раз в год стреляет. Для возгорания достаточно будет одной искры. Но людей, входящих в группу социального риска, похоже, это ничуть не страшит. Подтверждают это – разбросанные в жилых помещениях окурки. Если же в дело замешан еще и алкоголь, риск возникновения ЧС увеличивается в несколько раз.

Ежегодно в жилом секторе регистрируется более 80% от общего числа пожаров, около 90% случаев гибели людей происходит именно в жилье – зачастую это дома так называемых «неблагополучных граждан», склонных к злоупотреблению спиртными напитками. Проводимые проверки ведомственного и частного жилого фонда свидетельствуют о том, что такие граждане не знают элементарных требований в области пожарной безопасности, действий на случай возникновения пожара, а часто даже не знают телефон пожарной службы. Профилактическая работа с «неблагополучными семьями» ведется постоянно. Но вся беда в том, что несмотря на обещания, предписания работников МЧС выполняются крайне редко: собственная безопасность и безопасность соседей этих людей волнует намного меньше, нежели желание продолжить «эйфорию».

В Республике Беларусь работа с неблагополучной категорией граждан ведётся постоянно. Присутствие работников и донесение до населения информации по пожарам отрезвляет некоторые буйные головы, а также подталкивает соседей нарушителей быть на стороже.

В заключении необходимо сказать что, несмотря на проводимую работу пожары в «неблагополучных семьях» периодически случаются.

Зачастую работники органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям получают сообщения о пожаре очень поздно, а люди в таких семьях, при возникновении экстренной ситуации, забывают простые истины, такие как телефон МЧС и правила поведения при возникновении пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев, Ю.А. Методические основы прогнозирования оперативной обстановки с пожарами / Ю.А. Андреев, С.П. Амельчугов, С.В. Негина // Сопряженные задачи механики, информатики и экологии. Материалы междунар. конф. – Томск, 2002. – С. 14-15.
2. Андреев, Ю.А. Влияние социальных и климатических условий на уровень пожарного риска / Ю.А. Андреев, Д.С. Серебренников, С.В. Амельчугова., С.Ю. Комаров // Пожаровзрывобезопасность, – М., 2010. – № 12. – С. 34-38.
3. Официальный сайт Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/ru> - Дата доступа: 02. 12. 2025.

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ

Удавцова Е Ю., Кондашов А.А., Бобринев Е.В., Маторина О.С.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

Безопасность дорожного движения является важной задачей по реализации политики в области охраны жизни и здоровья населения, одной из важных социально-экономических и демографических задач Российской Федерации.

Полный и всесторонний анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях (далее – ДТП) имеет важное значение как основа для выработки решений в области обеспечения безопасности дорожного движения, в том числе по совершенствованию его организации.

Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения в Российской Федерации с 2015 по 2024 гг. приведены на сайте ГИБДД [2].

В таблице приведена динамика количества ДТП и их последствий по рассматриваемым годам наблюдений.

Таблица Динамика дорожно-транспортных происшествий и их последствий в Российской Федерации за 2015-2014 годы

Год	Количество ДТП	Погибло людей	Травмировано людей
2015	184000	23114	231197
2016	173694	20308	221140
2017	169432	19088	215374
2018	168099	18214	214853
2019	164358	16981	210877
2020	145073	16152	183040
2021	133331	14874	167856
2022	126705	14172	159635
2023	132466	14504	166500
2024	132037	14403	164754

До 2022 года наблюдалось ежегодное снижение наблюдаемого показателя. За 8 лет с 2015 по 2022 год количество ДТП снизилось на 31%. В 2023 году произошел рост количества ДТП на 4,5% по сравнению с предыдущим годом. В 2024 году количество ДТП практически не уменьшилось по сравнению с предыдущим годом.

Также наблюдается ежегодное снижение этого показателя до 2022 года. За 8 лет с 2015 по 2022 год количество погибших людей в ДТП снизилось на 39%. В 2023 году произошел рост погибших людей в ДТП на 2,3% по сравнению с предыдущим годом. В 2024 году погибших людей в ДТП практически не уменьшилось по сравнению с предыдущим годом.

Снижение по всем абсолютным показателям состояния безопасности дорожного движения не всегда свидетельствует об улучшении безопасности дорожного движения по всем параметрам [1].

Достаточно провести более углубленный анализ статистических данных, чтобы обратить внимание на другие факторы, влияющие на риски гибели людей в ДТП.

На рис. 1 приведена динамика среднего количества погибших при ДТП людей в расчете на 1 ДТП.

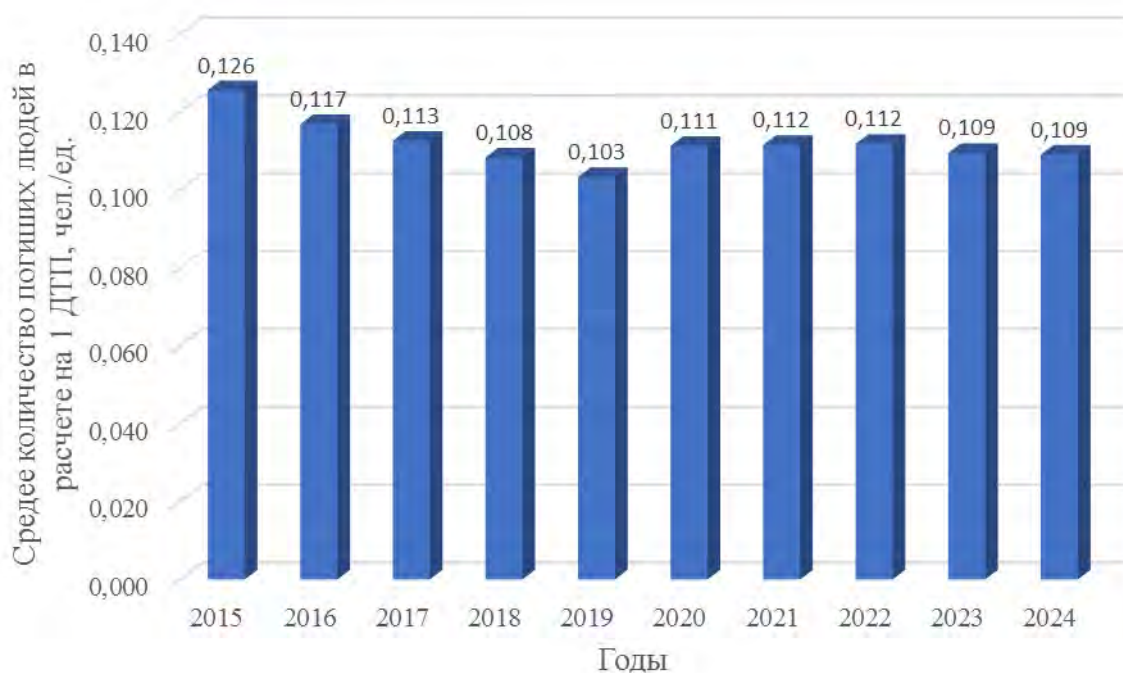


Рис. 1. Динамика среднего количества погибших при ДТП людей в расчете на 1 ДТП

В 2019 году рассматриваемый показатель достиг своего минимума: в среднем в 100 ДТП погибало 10,3 человека. В последующие годы их количество стало увеличиваться. На рис 2 приведен другой показатель – отношение количества погибших при ДТП людей к общему количеству пострадавших (сумме погибших и травмированных). Этот показатель оценки тяжести последствий характеризует риск гибели среди пострадавших при ДТП [3].

Данный показатель также достиг своего минимума в 2019 году: риск гибели у пострадавших при ДТП составил 7,5%. В последующие годы его величина достигла 8,2% в 2022 году, незначительно снизившись до 8% в 2023-24 гг. Подобное увеличение показателя является статистически достоверным – χ^2 -статистика соотношения погибших и травмированных в 2019-2020 гг. равна 63,97, что превышает однопроцентный уровень значимости χ^2 -распределения для 1 степени свободы (6,63).

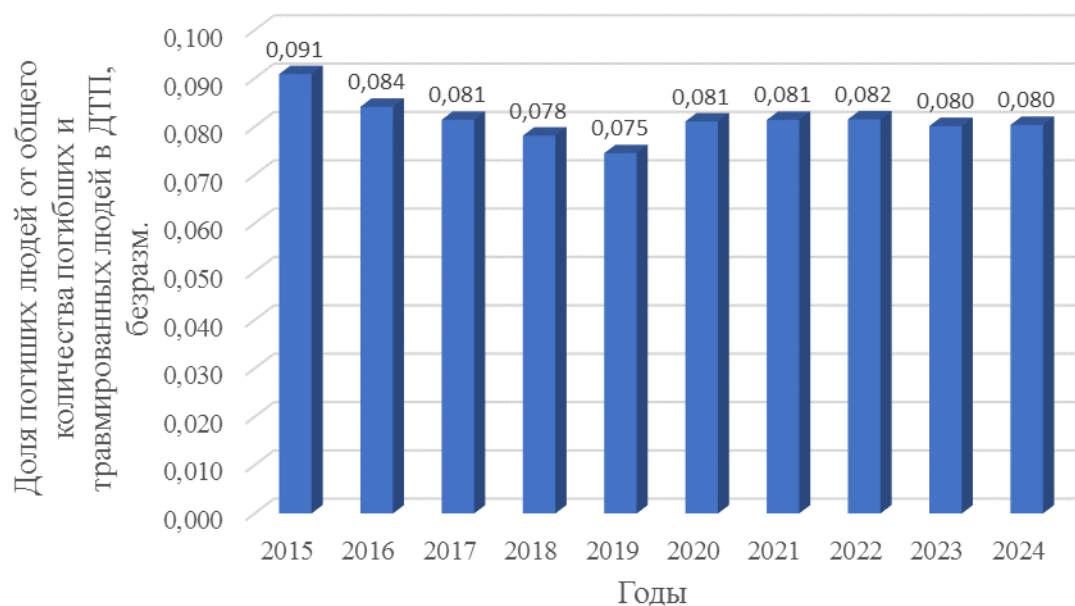


Рис. 2. Динамика отношения количества погибших при ДТП людей к общему количеству пострадавших

Таким образом, проблема травматизма и гибели людей при ДТП по-прежнему является актуальной для научных исследований.

Возможно фактором, влияющим на увеличение риска гибели среди пострадавших при ДТП в 2020-2021 гг., является прекращение использования программно-целевого подхода как принципа обеспечения безопасности дорожного движения. В Российской Федерации в 2020 году завершила свое действие федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах», несмотря на то, что статья 3 Федерального закона от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» программно-целевой подход к деятельности по обеспечению безопасности дорожного движения относит к основным принципам обеспечения безопасности дорожного движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП / В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, В.Э. Клявин, В.В. Ситников // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-2. – С. 251-256.
2. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс] // URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 11.09.2025).
3. Сушко, А.А. Индикаторы и критерии оценки тяжести последствий дорожно-транспортного происшествия / Материалы Международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение». Белорусский национальный технический университет (Минск). 2018. С. 71-73.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ
ПОЖАРЕ И ВЗРЫВЕ**

*Сборник материалов
XII Международной заочной научно-практической конференции*

(26 января 2026 года)

Ответственный за выпуск *С.С. Ботян*
Компьютерный набор и верстка *В.Ф. Кадол*

Издатель:
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты»
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь
ЛИ № 02330/0552551 от 15.09.2009.
ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск.