

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ
ПРИ ПОЖАРЕ И ВЗРЫВЕ**

*Сборник материалов
VIII Международной заочной научно-практической конференции*

30 декабря 2021 года

Минск
УГЗ
2022

УДК 614.8.084:614.83/84(043.2)
ББК 68.9
П 78

Организационный комитет конференции:

Полевода Иван Иванович – начальник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, канд. техн. наук, доцент – председатель;

Члены организационного комитета:

Булавка Юлия Анатольевна – доцент кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа Полоцкого государственного университета, канд. техн. наук, доцент;

Ягодка Евгений Алексеевич – заместитель начальника УНК – начальник кафедры надзорной деятельности УНК ОНД Академии ГПС МЧС России, канд. техн. наук;

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

Горошко Елена Юрьевна – доцент кафедры организации службы, надзора и правового обеспечения Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, канд. юрид. наук, доцент;

Корзенко Георгий Владимирович – профессор кафедры организации службы, надзора и правового обеспечения Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, докт. ист. наук, профессор;

Миканович Андрей Станиславович – начальник кафедры пожарной безопасности Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, канд. техн. наук, доцент;

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

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

Рябцев Виталий Николаевич – начальник кафедры автоматических систем безопасности Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, канд. техн. наук, доцент;

Суриков Андрей Валерьевич – начальник кафедры организации службы, надзора и правового обеспечения Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, канд. техн. наук;

Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве :
П 78 сб. материалов международной заочной научно-практической конференции – Минск:
УГЗ, 2022. – 275 с.
ISBN 978-985-590-146-5.

Тезисы не рецензировались, ответственность за содержание несут авторы.

УДК 614.8.084:614.83/84(043.2)
ББК 68.9

ISBN 978-985-590-146-5

© Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным
ситуациям Республики Беларусь», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Абдурахимов А.А., Мавланова М.Э.</i> Влияние отхода на огнезащитные свойства карбамидного полимера	7
<i>Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У.</i> Математическая обработка процесса огнезащиты древесины	9
<i>Абдукадиров Ф.Б., Саттаров З.М.</i> Новые высокомолекулярные огнезащитные составы для строительных конструкций из техногенных отходов	13
<i>Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У., Саттаров З.М.</i> Пути снижения вредных воздействии продуктов сгорания древесины	17
<i>Антонович А.А., Лахвич В.В.</i> Дистанционное управление прицепной пожарной мотопомпой с производительностью насоса 70 л/с	20
<i>Бабакулова Н.Б., Камалова Д.М.</i> Исследование процесса модификации полимерного связующего с целью создания огнезащищенных древесных материалов	22
<i>Ботян С.С., Жамойдик С.М., Кудряшов В.А.</i> Решение нелинейной коэффициентной обратной задачи теплопроводности для оценки эффективных теплофизических характеристик строительных материалов	26
<i>Дмитриченко А.С., Мамедова С.И.</i> Расчет предела огнестойкости однокамерного стеклопакета	28
<i>Ешибаева Ф.Р., Камалов Ж.К.</i> Исследование процесса модификации полимерного связующего с целью создания огнезащищенных древесных материалов	33
<i>Жуманова С.Г., Мажидов С.Р., Мухамедов Н.А., Сагдуллаев А.Б.</i> Особенности повышения огнестойкости и жаростойкости бетонов	37
<i>Журов М.М., Лямцев И.В.</i> Эксплуатационные свойства огнетушащих порошковых составов	40
<i>Зияева М.А., Махманов Д.М.</i> Некоторые требования к горючести древесины применяемой в строительстве	43
<i>Кайбичев И.А.</i> Автокорреляционный анализ инцидентов на атомных станциях в Российской Федерации	47
<i>Кайбичев И.А., Евдокимова А.С.</i> Оценка результативности ГУ МЧС России по Московской области	49
<i>Камалов Ж.К., Мухамедгалиев Б.А.</i> Повышение огнестойкости лакокрасочных материалов	54
<i>Камалов Ж.К., Мухамедгалиев Б.А.</i> Разработка полимерных полифункциональных огнезащитных составов	57
<i>Колбасин А.А., Солоненко А.М., Иоценко Д.А.</i> Особенности применения автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров на объектах энергетики	60
<i>Куликов С.В.</i> Применение робототехники для тушения пожаров на складах боеприпасов и взрывчатых веществ	63
<i>Куликов С.В.</i> Предварительное планирование действий на проектируемых объектах защиты	66
<i>Мамедова С.И.</i> Исследование влияние материала оконного профиля на одностройную стеклянную панель в условиях стандартного огневого воздействия	69
<i>Маштаков В.А., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю.</i> Показатели оценки уровней пожарной опасности эксплуатируемых зданий (сооружений)	73
<i>Мирзахмедов Б.Х., Жуманова С.Г.</i> Огнезащитные и антикоррозийные покрытия для резервуаров нефтехранилищ	77

<i>Мирзахмедов Б.Х., Махманов Д.М., Муродов Б.З.</i> Новые огнезащитные составы из отходов для снижения горючести целлюлозных материалов	82
<i>Мирисаев А.У., Муродов Б.З.</i> Способы повышения огнестойкости строительных полимерных материалов	85
<i>Mirisaev A.U., Sattarov Z.M.</i> Fire- and life protection oil and gas branch the requirement of time	88
<i>Мухамедов Н.А., Касимов И.У.</i> Огне- и жаропрочные бетоны с добавками нового поколения	90
<i>Нурузова З.А., Абдукадиров Ф.Б.</i> Разработка огнебиозащитного состава из отходов для поверхностной модификации древесины	94
<i>Первенев Э.Э., Сулименко В.А.</i> Влияние препятствий на параметры взрыва пропан-бутановой смеси в макете туннеля	97
<i>Родевич Е.А., Осяев В.А.</i> Компьютерное моделирование систем дымоудаления в атриумных помещениях	102
<i>Рахимбабаева М.Ш., Камалова Д.М.</i> Влияние надмолекулярного строения целлюлозы на ее огнезащитные характеристики	104
<i>Рахимбобоева М.Ш., Мирисаев А.У., Хасанова О.Т.</i> Особенности снижения горючести материалов	108
<i>Садыг-заде У.А.</i> Противопожарная защита в Азербайджане, история организации и развития работы	111
<i>Фам Куок Хынг</i> Анализ пожарных рисков в городах и сельской местности Вьетнама	115
<i>Хакимов А.М., Махманов Д.М., Муродов Б.З.</i> Снижение пожаровзрывоопасности присадочных материалов применением фосфорсодержащих полимеров	119
<i>Халиков Р.В.</i> Способ моделирования процесса объемного пожаротушения температурно-активированной водой	123
<i>Khasanova O.T, Rakhimbabaeva M.Sh.</i> Additives to increase fire resistance of building constructions for oil and gaz industry	128
<i>Шавырина Т.А., Маиதாகов В.А., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю.</i> Изучение уровней пожарной опасности мест возникновения пожара на объектах жилого сектора	131
<i>Юнчиц А.П.</i> Применение лифтов для организации эвакуации людей из высотных зданий	135
<i>Юсупов У.Т., Мухамедов Н.А., Касимов И.У.</i> Особенности производства специальных строительных конструкций к резервуарным паркам и нефтегазохранилищам	138

Секция № 2 «Промышленная безопасность и охрана труда»

<i>Agarkov A.V.</i> Connection of the gas pipeline sections for remote sampling during the elimination of fires in mines	142
<i>Басько Е.В., Бунто О.В.</i> Анализ современных способов очистки сточных вод	144
<i>Волынец Д.Ю., Бунто О.В.</i> Анализ способов очистки вод от нефтепродуктов	147
<i>Грачев А.В.</i> Современные методы и способы тушения лесных пожаров	149
<i>Гудков А.А., Бунто О.В.</i> Технические решения противотрационных экранов	152
<i>Гудков А.А., Бандолик Н.Н.</i> Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий	154
<i>Довгалюк Е.Г., Петрок В.А.</i> Обеспечение безопасности работ оборудования под давлением	156
<i>Кайбичев И.А.</i> Скользящее среднее при оценке возможного количества аварий на атомных станциях в мире	159
<i>Кайбичев И.А.</i> Линии поддержки и сопротивления при оценке возможного количества аварий на атомных станциях в мире	162
<i>Куликов С.В.</i> Тактические действия подразделений при тушении пожаров в торгово-развлекательных комплексах	165

<i>Kuznetsov M.V., Safonov A.V.</i> Development of a new structure of fuel rods of kbmk classreactor and testing of technical solution in order to increase the level of their protection from fires and explosions	167
<i>Пахомов М.Н., Сенчихин Ю.Н.</i> Особенности возникновения аварий на нефтеперерабатывающих производствах, сопровождаемые каскадным развитием пожара	169
<i>Петросова Л.И.</i> Обеспечение безопасности при буровзрывных работах сдвоенными уступами на больших глубинах карьеров	173
<i>Подмарков В.В., Сакунов Е.С.</i> Пожарная и промышленная безопасность систем водоснабжения промышленных предприятий на примере АО «Улан-удэнский авиационный завод»	176
<i>Порошин А.А., Харин В.В., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В., Кондашов А.А.</i> Априорная и апостериорная оценка системы управления охраной труда в промышленной безопасности	180
<i>Тельпук О.В., Тельпук М.В.</i> Формирование культуры безопасности труда на предприятиях, как один из факторов промышленной безопасности	184
<i>Харин В.В., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В., Кондашов А.А.</i> Исследование показателей состояния системы управления охраной труда с использованием факторного анализа	188
<i>Цубер А.Ю., Бунто О.В.</i> Повышение устойчивости гидротехнических сооружений	193

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

<i>Антошина Т.Н.</i> Многопараметрическое программирование сложных систем пожарной безопасности	197
<i>Антошина Т.Н., Кабанов А.А.</i> Модернизация ИТ-базы данных используемых для предупреждения чрезвычайных ситуаций	199
<i>Волошенко А.А., Сашина Е.А.</i> Проблемы применения требований пожарной безопасности по обеспечению внутренним противопожарным водопроводом помещений здания	201
<i>Грачулин А.В., Винярский Г.В., Гусаров И.С.</i> Общие сведения о технологиях виртуальной и дополненной реальности	203
<i>Грачулин А.В., Винярский Г.В., Гусаров И.С.</i> Основные области использования технологий виртуальной и дополненной реальности	205
<i>Грачулин А.В., Шинкоренко К.Е.</i> Автоматические установки пожаротушения компрессионной пеной	207
<i>Гудков А.А., Бандолик Н.Н.</i> Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий	211
<i>Гусаров И.С., Грачулин А.В., Лихоманов А.О.</i> Виртуальные технологии для подготовки спасателей-пожарных	213
<i>Гутько Н.А., Бандолик Н.Н.</i> Использование робототехники при тушении пожаров	218
<i>Децук А.Г., Бандолик Н.Н.</i> Особенности тушения пожаров водяным паром	219
<i>Евтух В.А., Бунто О.В.</i> Автоматические системы водяного пожаротушения	222
<i>Жданович И.В., Бандолик Н.Н.</i> Узлы управления дренчерной и спринклерной систем пожаротушения	225
<i>Иванов И.Ю., Навроцкий О.Д.</i> Исследование поверхностно-активных веществ для пленкообразующих пенообразователей	227
<i>Иванов И.Ю.</i> Особенности проектирования пожарной автоматики на взрывоопасных объектах	230
<i>Кондакова Я.А., Навроцкий О.Д.</i> Обзор методов определения устойчивости пены	235
<i>Куликов С.В.</i> Современные технологии тушения пожаров	240

<i>Лихоманов А.О., Говор Э.Г., Полочанин Н.С.</i> Влияние свойств пенообразователя на кратность пены в розеточных оросителях автоматических установок пожаротушения	243
<i>Лященко С.Ф., Бандолик Н.Н.</i> Методы обеспечения надежности пожарной автоматики и роль органов ГПН	245
<i>Мокшанцев А.В., Лысов А.А.</i> Программно-аппаратный комплекс для поиска пострадавших в задымленной среде	247
<i>Нечаева А.Ю., Пармон В.В., Навроцкий О.Д.</i> Разработка тренажерного комплекса «поведение в толпе»	250
<i>Попко Е.Р., Бандолик Н.Н.</i> Противопожарные системы на борту летательных аппаратов	254
<i>Цамарков А.Н.</i> Интегрированные системы безопасности: теория, практика, инновации	257
<i>Шемет П.Н., Бандолик Н.Н.</i> История развития пожарных извещателей как универсального средства оповещения	261

**Секция № 4 «Актуальные проблемы административного
правоприменения надзорных органов МЧС, дознание по делам
о пожарах: проблемы и перспективы»**

<i>Бурлаченко К.Г.</i> Некоторые модели для поддержки принятия управленческих решений в органах государственного пожарного надзора МЧС России.	265
<i>Kuznetsov M.V., Safonov A.V.</i> New approaches to the production of flame-retardant fabrics with high resistance to aggressive environments.	267
<i>Куликов С.В.</i> Использование технологии «виртуальной реальности» при изучении дисциплины «расследование и экспертиза пожаров».	269
<i>Куликов С.В.</i> Актуальные вопросы расследования пожаров с гибелью людей.	271

Секция 1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

ВЛИЯНИЕ ОТХОДА НА ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА КАРБАМИДНОГО ПОЛИМЕРА

Абдурахимов А.А., Мавланова М.Э.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Экономическое развитие нашей страны предусматривает рациональное использование всех видов ресурсов, ускоренный переход к ресурсосберегающим и безотходным технологиям, а также значительное улучшение использования вторичного сырья. При этом, важной экономической задачей, стоящей перед народным хозяйством страны, является мобилизация вторичных ресурсов.

Одним из путей утилизации этих отходов является использование их в производстве связующих материалов, что приводит к расширению сырьевой базы и сбережению первичных ресурсов.

В качестве полимерного связующего для получения плитных материалов применяются дефицитные карбамидные полимеры. Эти смолы имеют низкую водостойкость, высокую токсичность и низкие физико-механические свойства изделий на его основе. Проблема уменьшения расхода полимера и улучшения качества плитных материалов приобретает актуальное значение.

К полимерным связующим, используемым в производстве древесно-стружечных плит возлагается множество требований, основным из которых является время отверждения. Это связана с тем, что данный фактор предопределяет производительность предприятия. Поэтому, в зависимости от времени отверждения определяли условия модификации. В качестве модификатора использовали – гудрон, отход маслозаводов.

С целью выявления оптимальных условий модификации карбамидоформальдегидной смолы изучали зависимость времени отверждения от температуры, времени модификации и содержания госсиполовой смолы.

Для определения оптимального времени и температуры модификации были выбраны следующие значения, исходящих факторов: время модификации 60 мин, 120 мин, 180 мин, 240 мин; температура реакции 50°C, 60°C, 70°C. Время отверждения при температуре 100 °C определяли по ГОСТ 14231-78.

Вследствие проведенных опытов определены оптимальные условия модификации. Наиболее оптимальным составом композиции является 10%-ное содержание госсиполовой смолы. Повышение скорости отверждения вследствие введения модификатора приводит к активному воздействию двух смол.

Вероятно, при модификации происходит снижение рН среды связующего и карбоксильные группы, имеющиеся в составе госсиполовой смолы ускоряют, процесс отверждения. С увеличением содержания модификатора в полимерной композиции, вероятно, снижается молекулярная масса связующего и увеличивается количество низкомолекулярных веществ, которые препятствуют реакции сшивания и комплекс образования.

Исходя из этого, для дальнейших исследований использовали условия модификаций: температура 60 °С и время – 180 мин.

Основными требованиями, предъявляемыми к связующим, являются жизнеспособность и вязкость. Исследование свойств модифицированного связующего приведены в таблице. Результаты опытов показали, что наименьшее время отверждения достигает при соотношении смолы и модификатора 90:10 и практически на 30-35% быстрее отверждаются, чем связующие без модификатора. Вязкость предлагаемого связующего в пределах требований. Жизнеспособность модифицированного связующего имеет низкие показатели времени. Поэтому в качестве веществ, способных повышает жизнеспособность использовали неорганические соединения NaOH или NH₄OH. Как показали результаты опытов наиболее подходящим реагентом является NH₄OH 2%. В связи с низким временем отверждения состав с 25 и 20%-ным содержанием модификатора не стали исследовать в дальнейшем, а продолжали исследование с 5, 10 и 15%-ным содержанием модификатора.

Таблица. Состав и свойства модифицированного карбамидного связующего.

Содержание смолы и модификатора	Огнестой- кость К.И.%	Время желатинизации сек.	Содержание сухих веществ	Жизнеспо- собность час	Вязкость по ВЗ-4, сек
95:5	18,0	78	59,4	7,3	26
90:10	18,3	60	58,8	6,5	30
85:15	19,5	82	58,2	7,5	27
80:20	20,5	140	57,6	Более 9	23
75:25	22,5	176	57,0	Более 9	23
Смола+хлорид аммония	23,4	97	60	8,3	25

По ГОСТу отверждение карбамидного связующего изучается при температуре 100 °С. Но при получении древесных плит температура прессования не менее 160 °С. С целью выявления более полной картины были исследованы отверждение связующего в интервале температура 100-200 °С. Для этого данного метода исследования соотношение смолы и модификатора 90:10 с 2%-ным NH₄OH с использованием качества отвердителя хлористые аммоний в связи с наилучшими свойствами при обычном отверждении. Для сопоставления были утверждены контрольные образцы (без модификатора). Как показали результаты эксперимента на протяжении всего температурного интервале в два раза быстрее утверждалось предлагаемая композиция. Если при температуре 100 °С предлагаемая и контрольная были 60 и 100сек, то при 160 °С – 19 и 45 сек, а при 200 °С – 15 и 25 сек. Полученные данные подтвердили, что введение госсиполовой смолой приведет к снижению времени отверждения связующего.

Исследования влияния госсиполовой смолы на огнезащитные свойства карбамидоформальдегидного полимера показали, что введение свыше 10% госсиполовой смолы приводит к повышению огнестойкости композиции (К.И.%). При контрольном значении достигает 4,8-5 МПа, а при 10%-ном добавлении госсиполовой смолы эти значения достигают 5,8-6 МПа. Введенные модификатора, в состав карбамидоформальдегидной смолы приводит к взаимодействию его смолой увеличивает молекулярную массу и глубину отверждения. Это подтверждают результаты эксперимента.

Таким образом, изучение свойств связующего, содержащего карбамидоформальдегидную смолу и модификатора на основе госсиполовой смолы показало, что они соответствуют требованиям, предъявляемых к связующим материалам при изготовлении древесных плит. Наименьшее время отверждения связующего достигается при соотношении 90% смолы и 10% модификатора. Для связующего, содержащего карбамидоформальдегидную смолу и госсиполовую смолу за счет углубления процесса отверждения и образования дополнительных связей достигается повышение прочности склеивания и конечно огнестойкость композиции в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миркамилов Т.М. и др Термическая устойчивость модифицированной мочевино-формальдегидной смолы. Узбекский химический журнал №1, 1991. 32-35 с.
2. Эльберт А.А. Химическая технология древесностружечных плит. М. Лесная промышленность, 1984. 224 с.
3. Фатхуллаев Э. И др Комплексное использование вторичных продуктов переработки хлопчатника при получении полимерных материалов. Ташкент. Фан. 1988.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПРОЦЕССА ОГНЕЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ

Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Древесина широко используется не только как строительный, но и как декоративно-отделочный материал. Одним из наиболее существенных недостатков древесных материалов является повышенная воспламеняемость и горючесть. На сегодняшний день ко всем строительным материалам, в том числе и к древесине, предъявляются высокие требования по пожарной безопасности. Поэтому проблемы повышения долговечности и снижения горючести древесных изделий являются актуальными и требуют незамедлительного решения [1]. Капитальное строительство и реконструкция существующих объектов гражданского, промышленного и специального назначения связаны с использованием древесины, которая чувствительна

к воздействию высокой температуры, т.е. способностью сохранять функциональные свойства в условиях эксплуатации. С учетом этих проблем приняты нормативные документы, которые требуют при проектировании конструкции из древесины учитывать их стойкость против термического разрушения, а также проводить защитную обработку строительных материалов специальными средствами. Сущность защиты антипиренами и антисептиками состоит в торможении процессов термического разложения целлюлозы, снижении константы скорости реакций и энергии активации [2].

Для комплексной защиты древесины от возгорания и биологического разрушения разработано небольшое количество препаратов, в частности смесь сульфата аммония, диаммоний фосфат и фтористого натрия (МС), или ортоборату натрия и борной кислоты (ББ) и смесь карбоната натрия и борной кислоты (БС). На сегодняшний день появились эффективные пропиточные составы для древесины, в частности композиция из антипирена (фосфаты и сульфат аммония) и антисептика полимерного происхождения (полигексаметиленгуанидинфосфат) – ДСА-1 и ДСА-2. В случае применения ДСА на поверхности древесины образуется полимерная пленка, препятствующая выходу антипирена из древесины на поверхность и предотвращает свободный доступ кислорода воздуха, изменяя механизм пиролиза целлюлозы и замедляя окислительные процессы [3].

На основе вышеизложенного, нами разработаны новые огнезащитные составы на основе отходов химической промышленности [4], которые обеспечивают комплексную защиту деревянных строительных конструкции, не только от огня, но и от биоразложения.

На основе комплексной защиты древесины от возгорания и биологического разрушения проведены исследования скорости выгорания древесины в случае модифицирования ее полимерными огнезащитными составами, полученными на основе реакции взаимодействия ортофосфорной кислоты, полученной из фосфогипса, отхода ОАО «Махам-Аммофос» с дихлоргидринглицерином (АФБ-1). В предыдущих работах [5], нами рассмотрены основные закономерности и механизмы процессов полимеризации вышеуказанных реагентов, а также прикладные свойства полимерных огнезащитных составов. Поэтому представляло интерес, исследование термических параметров процесса горения модифицированных древесных композиции, а также математическая обработка полученных данных.

Как известно внутренние пожары протекают в ограниченном объеме, огражденном от окружающего пространства. Поэтому внутренний пожар слабее зависит от характеристик окружающей среды, т.е. погоды, и в значительной степени определяется теплогазообменом зоны горения с внутренним объемом и окружающей средой. Эти процессы более сложные, чем в случае открытого пожара; они, главным образом, и определяют характер его развития или динамику пожара. Под динамикой пожара понимается изменение его основных параметров в пространстве и времени. Значения этих параметров, а, следовательно, характеристики зон внутреннего пожара определяются теплообменом и газообменом с окружающей средой.

Скорость, с которой будет развиваться пожар, зависит от того, насколько быстро может распространиться пламя от точки зажигания, вовлекая в процесс горения все возрастающие области горючего материала. Для установления процесса горения в закрытом пространстве требуется, чтобы пожар вышел за определенные критические размеры, позволяющие резко повысить температуру на уровне потолка (типичное повышение >600 °C). Хотя усиленные уровни излучения увеличивают локальную скорость горения, большее влияние на увеличение размера пламени и скорость горения оказывает увеличивающаяся площадь, охваченная пожаром. Вот почему необходимо проанализировать характеристики распространения пламени по горючим материалам. Распространение пламени можно рассматривать как процесс наступления фронта горения. Внутри этого фронта передняя кромка пламени действует как источник тепла (которое нагревает горючее перед фронтом пламени до температуры воспламенения) и как источник вынужденного зажигания. Рассмотрение этого процесса требует рассмотрения стационарных задач теплообмена, аналогичных, если не идентичных тем задачам, которые были рассмотрены в контексте вынужденного зажигания твердых веществ. Следовательно, скорость распространения пламени может зависеть как от физических свойств материалов, так и от его химического состава.

Распространение пламени при горении материалов определяет интенсивность и динамику развития пожара и зависит от эффективности защиты и скорости выгорания строительных конструкций в процессе пламенного горения.

Для определения характеристик тепловыделения материалов при горении использовали фундаментальное уравнение, связывающее скорость тепловыделения при горении материала Q , со скоростью выгорания m , кг/(м²·с) и низкой теплотой сгорания Q_n , кДж/кг вида:

$$Q m Q_n S = \eta, \quad (1)$$

где η – коэффициент полноты сгорания летучих продуктов разложения вещества в пламени (0,85);

S – площадь поверхности образца, находящегося под действием теплового воздействия, м².

При построении математической модели скорости выгорания материала принимаем, что изменение во времени удельной массы образца пропорционально разности между начальной и текущей удельной массой, и интенсивностью выгорания:

$$dm (m_1 m_0) d = a + w t, \quad (2)$$

где τ – время с момента зажигания, с; a – коэффициент пропорциональности, зависящий от вида горючего материала, с⁻¹;

M_0 – начальная скорость выгорания материала, кг/(м²·с);

$w = w(t) = \omega_0 e^{-gt}$ w – функция, характеризующая интенсивность изменения удельной массы образца в пламени, кг/(м²·с²);

ω_0 – интенсивность сгорания материала в начальный момент времени, кг/(м²·с);

γ – показатель интенсивности замедления реакций горения за счет действия защитных веществ, с. После интегрирования (2) получаем следующее выражение для расчета скорости выгорания огнестойких материалов:

$$m_1 m_o (e^{-gt} - atw) = m_1 m_o a - g. \quad (3)$$

Если образец не обработан защитными веществами, то математически это означает, что $a \gg g$ или $g \rightarrow 0$, тогда уравнение (3) принимает следующий вид:

$$m_1 m_o (1 - e^{-gt}) - a \cdot tg \rightarrow w = a. \quad (4)$$

Это означает, что сразу после зажигания образца начинается период стационарного развития пожара до полного сгорания.

В случае идеальной защиты $a \ll g$ или при $a \rightarrow 0$ из уравнения (3) получаем:

$$m_1 m_o (e^{-gt} - atw) \rightarrow w = g, \quad (5)$$

откуда следует, что с момента начала воздействия на образец теплового источника начинается стадия прекращения горения.

Наконец, если интенсивность развития пламенного горения и скорость его подавления примерно одинаковые $g \gg a$, то:

$$m_1 m_o e^{-gt} a \rightarrow g = +w \cdot t, \quad (6)$$

То есть, при наличии защиты, соответствующей интенсивности развития пожара, горение повышается, а затем проявляется влияние действия защитных средств и пламя подавляется.

Проверка адекватности полученных теоретических результатов натурным условиям была проведена путем определения тесноты связи между расчетными и экспериментально установленными параметрами горения древесины.

Для определения значений этих параметров проведены экспериментальные исследования, где в качестве объекта исследований использовали древесину (ШНК 2.002-06) и древесину, пропитанную смесью фосфата и сульфата аммония и антисептиком полигексаметиленфосфат: поверхностным одно- и двукратным нанесением и глубокой пропиткой). Сначала были проведены испытания необработанных образцов древесины. После температурного воздействия на необработанные образцы, происходило воспламенение исследуемых материалов. Затем были проведены испытания образцов древесины, которые были обработаны антипиренами и антисептиком. Для проведения исследования использовали установку по определению группы горючести материалов по ШНК-2.02-06, которая дополнительно была оснащена устройством для регистрации изменения массы образца в ходе испытаний.

Полученные зависимости показывают, что скорость выгорания необработанного образца древесины ($g = 0$) значительно повышается в начальный период воздействия теплового потока, а затем, в связи с обугливанием поверхности, несколько замедляется.

Расчетное сопротивление древесины стойки на сжатие согласно СНиП II-25-80 для древесины I сорта составляет $R_c = 25$ МПа.

Задаем последовательные моменты времени горения деревянной стойки при пожаре, определяем рабочее сечение стойки ($F_c(\tau)$) и напряжение сжатия ($\sigma_c(\tau)$). Определяем время τ от начала возгорания деревянной стойки при пожаре к потере ею несущей способности, согласно которой $\sigma_c \leq R_{25}$

$\sigma t \geq \text{МПа}$. Это условие выполняется для необработанной древесины на 40 мин, для обработанной – на 120 мин.

На основе проведенных экспериментальных исследований нами выявлено, что модификация древесины разработанным полимерным антипиреном АФБ-1 приводит к снижению скорости обугливания примерно в 2,8 раза и изменению структуры и свойств контактной зоны древесины, повышающих ее способность противостоять высокотемпературному воздействию. Установлено, что эта зона представляет собой слой древесины, характеризуемый сопротивляемостью к воздействию внешних источников энергии (высокотемпературного пламени), что свидетельствует о защитном характере модификаторов на поверхности древесины. Устойчивость модифицированной древесины, оцениваемая по изменению прочности при сжатии, в среднем в 3 раза выше по сравнению с необработанной, при выгорании деревянной конструкции.

Таким образом, нами разработана технология модификации деревянных конструкции новым полимерным огнезащитным составом и математическая модель процесса выгорания древесных композиции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роговин З.А. Химия древесины. – М.: Химия. 2013. – с. 340.
2. Берлин А.А., Лалаян В.М., Скраливецкая М.С. Механизмы горения древесных композиции. – М.: Химия. 2015. – с. 265.
3. Заиков Г.Е., Асеева Р.М. Методы придания огнезащитных свойств полимерам. – М.: Химия. 2014. – с. 220.
4. Мухамедгалиев Б.А., П.И., Халилова П.Ю., Юлдашев О.Р. Огне- и биозащитная полимерная композиция для производства древесно-стружечных плит. Патент № IAP05177.10.02.2016 г.
5. Мухамедгалиев Б.А., Сайфутдинов Р.С. Разработка новых полимерных антипиренов для древесины. Кимё ва кимё технологияи. №1, 2016. – с.49-52.

НОВЫЕ ВЫСОКОМОЛКУЛЯРНЫЕ ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Абдукадиров Ф.Б., Саттаров З.М.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Издавна проблемой для человека является пожар. Он уносит человеческие жизни, наносит материальный ущерб. Пожар сопровождается возникновением дыма и токсичных газов, которые являются основной причиной гибели людей на пожаре. Выброс в атмосферу вредных веществ, которые могут образоваться в результате возгорания, может привести к заражению местности и эвакуации людей [1-2]. Анализ этих причин показывает, что большая часть пожаров возникает от низкокалорийных источников огня. Использование материалов с пониженной горючестью может предотвратить возникновение пожара, так как длительное воздействие низкокалорийных источников огня на такие материалы не приведет к их возгоранию.

Как свидетельствуют статистические данные, количество пожаров, материальный ущерб и число жертв постоянно растут. Причиной подавляющего большинства пожаров является возгорание древесных и целлюлозных материалов, происходящее под действием малокалорийных источников зажигания. В связи с этим возникает необходимость получения огнезащищенных древесно-стружечных плитных материалов, не способных к самостоятельному горению, использование которых исключит возможность распространения пламени и тем самым уменьшит вероятность развития пожара. Снижение горючести древесно-стружечных плитных материалов позволит расширить область их применения в строительстве [3].

Традиционные методы огнезащиты древесно-стружечных материалов – пропитка и намазка – не являются технологичными и разрушают структуру плит. Наиболее эффективным способом снижения горючести древесно-стружечных плитных материалов является их огнезащита в процессе изготовления. Этот способ предполагает введение водного раствора антипирена в древесные частицы или волокно с последующей сушкой до требуемой влажности. Поскольку антипирен присутствует в древесных частицах или волокне на стадии горячего прессования, то он оказывает влияние на процесс образования структуры плиты и физико-механические свойства готового материала. Это делает необходимым применение специальных огнезащитных средств, которые помимо эффективного снижения горючести активно участвуют в межволоконном взаимодействии и формировании структуры древесноплитного материала. В качестве таких огнезащитных средств наиболее целесообразно использовать препараты определенного химического состава и строения – фосфоразотсодержащие продукты, поскольку они обладают переменной кислотностью и могут специально синтезироваться в зависимости от условий изготовления конкретного древесно-стружечного плитного материала [4]. В настоящее время стало известно много соединений, замедляющих горение и практически не меняющих конструктивные свойства материалов. Однако они представляют собой низкомолекулярные соединения, которым свойственны такие недостатки, как склонность к миграции и выпотеванию из защищаемого материала, экстракция водой, низкая совместимость с полимером и другие, устранение которых возможно только применением огнезащитных составов полимерной природы [5].

Наиболее перспективными высокомолекулярными соединениями такого типа являются полимеры, содержащие в своем составе фосфор- и азотсодержащие функциональные группы [6].

В этом плане, нами проведены исследования по синтезу и разработке технологии получения фосфорсодержащих полимеров на основе эпихлоргидрина (ЭХГ) с фосфорсодержащими соединениями, полученными на основе отходов ОАО «Навоiazот», аналогично фосфоритам Центральных Кызылкумов т.к. из литературы известно, что эпихлоргидрин легко вступает в реакцию электрофильного замещения с такими электроположительными центрами, как азот и фосфор. Последнее и предопределило возможность исследовать поведение эпихлоргидрина в реакциях электрофильного замещения с вышеуказанными соединениями, с целью получения высокомолекулярных соединений и полиолов, и возможности применения их в качестве огнезащитных составов.

При выполнении экспериментальных исследований применены современные методы физико-химического анализа, такие как ИК-, ПМР- и УФ-спектроскопия, элементный анализ, Дифференциально-термический и рентгеноструктурный анализы, а также пикнометрия и вискозиметрия.

Обнаружено, что при смешении эпихлоргидрина с фосфористой кислотой, как в массе, так и в среде органических растворителей в широком интервале температуры, образуются высокомолекулярные вещества, которые не содержат свободных молекул мономеров, т.е. протекает необратимая поликонденсация. Закономерности поликонденсации эпихлоргидрина с фосфористой кислотой изучали при эквимольных соотношениях исходных компонентов в интервале температур 333-373 К в течение 300 минут. Протекание процесса поликонденсации контролировали потенциометрическим титрованием кислотных групп. Поскольку изменение приведенной вязкости и выделение хлористого водорода являются прямым результатом описываемых процессов, то количественная оценка двух этих факторов и послужила методом определения скорости поликонденсации ЭХГ и ФК.

Данными исследований показано, что скорость реакции поликонденсации зависит от температуры. В изученном интервале температур (343-363 К) – наибольшая скорость реакции наблюдается при 363 К. Из приведенных результатов видно, что с течением времени степень поликонденсации пропорционально возрастает.

Это позволило сделать заключение, что во всех изученных случаях кинетические данные лучше описываются уравнением второго порядка. На основании температурной зависимости процесса поликонденсации определена его энергия активации, она составляет 29,6 кДж/моль.

Продукты реакции представляют собой очень вязкие неокрашенные либо окрашенные в янтарный цвет жидкости, их физико-химические характеристики и условия поликонденсации приведены в таблице 1.

Результаты ИК-, ПМР- и УФ-спектроскопических исследований и элементного анализа, потенциометрического титрования свидетельствуют о том, что полученные продукты являются линейным полимером. Для выяснения характера взаимодействия фосфористой кислоты с вышеуказанным мономером были исследованы УФ-, ИК-спектры исходных и конечных продуктов, а также ПМР-спектры исходных соединений.

ИК-спектроскопическим исследованием установлено наличие поглощения при частотах 760-730, 1100, 1400, 1500, 1965 см^{-1} характерное для С-О-Р связей, а также валентное колебание гидроксильных групп при частотах 2500, 3020 см^{-1} .

Таблица. Активационные и термодинамические параметры реакции поликонденсации эпихлоргидрина с фосфористой кислотой.

Среда	Средняя константа скорости реакции, $K_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}$ л/моль с	$E_{\text{акт.}}$ кДж/моль	ΔH^* кДж/моль	$-\Delta S^*$ кДж/(моль град)
в массе	0,258	110,32	102,4	48,4
этанол	0,254	88,45	89,6	86,4

Выявлено также, что в ИК-спектре полимера, полученного на основе взаимодействия фосфористой кислоты с ЭХГ, полоса, отвечающая валентным колебаниям С-Сl связи, смещена в низкочастотную область до 1350 см^{-1} , по сравнению с таковой в спектре отхода. Валентное колебание С-Сl – связи ($850\text{--}800\text{ см}^{-1}$), относящейся к группе ЭХГ, исчезает за счет образования новой химической ОН-связи в области 2500 и 3020 см^{-1} . При этом, также образуются новые интенсивные полосы поглощения в области $1050\text{--}1100\text{ см}^{-1}$, относящиеся к ассиметричным колебаниям эфирной связи (СО-Р-) за счет раскрытия эпоксигруппы ($1250, 930\text{ см}^{-1}$) ЭХГ в процессе взаимодействия с фосфористой кислотой. Для качественной оценки и характеристики был использован также метод ПМР-спектроскопии высокого разрешения в растворе дейтерированного метанола и УФ-спектроскопия. Исследование влияния температуры на скорость взаимодействия фосфористой кислоты с ЭХГ показало, что повышение ее на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличивает скорость процесса в 3 раза и ее зависимость от обратного значения температуры полностью подчиняется уравнению Аррениуса (таблица).

Установлено, что исследуемая реакция протекает в соответствии с кинетическим уравнением второго порядка, таким образом, скорость реакции пропорциональна концентрациям эпихлоргидрина и фосфористой кислоты в первой степени. По методу наименьших квадратов рассчитаны параметры уравнений, на основе которых определены энергия активации и термодинамические параметры реакции поликонденсации.

Исследование огнезащитных характеристик нового полимерного антипирена показали, что применение в качестве антипирена к целлюлозно-бумажным, древесным материалам, а также к синтетическим полимерам, приводит к значительному повышению значения кислородного индекса, что является немаловажным фактором в плане огнезащиты. Огневые испытания были проведены в специальной технической лаборатории академии МЧС Республики Узбекистан, на основе результатов разработаны технологические регламенты и рекомендации к промышленному применению данной разработки.

Таким образом, на основе проведенных экспериментальных исследований нами впервые установлена возможность протекания реакции поликонденсации ЭХГ с фосфористой кислотой, полученной на основе фосфор-азотсодержащих отходов ОАО «Навоизот», рассчитаны значения энергии активации, некоторые термодинамические параметры самопроизвольного процесса поликонденсации. Практическое применение разработки может решить многие технологические, экономические, социальные и экологические проблемы республики в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Katz H.S. Handbook of fire retardants for Polymers. – New York: USA, 1999. – p. 164.
2. Груздева Е. Повышение пожаробезопасности современных зданий. //Журн. "Экология и промышленность России". – 2004. – №10. – с. 34-36.
3. Camino G. Recent Developments in fire retardant polymers// World Polymer congress. "IUPAC MACRO-2000". – Poland, 2000. – p.1198.
4. Петрина Н.А. Взаимодействие аминфосфинов и третичных фосфинов (фосфитов) с электрофильными реагентами и антиокислительная активность полученных солей. Автореф. ...дисс. канд. хим. наук. – М.: МГУ, 1998. – с.22.

5. Мухамедгалиев Б.А. Повышение атмосферостойкости и механической прочности промышленных полимеров //Журнал Пластмассы. – 2004. – №3. – с.42-43.
6. Технологический регламент Ташкентского мебельного завода. по производству древесно-стружечных плит. – Ташкент, 1997. – с.12.
7. Мухамедгалиев Б.А. Применение фосфорсодержащего полимера в лакокрасочной промышленности // Журн. Лакокрасочные материалы и их применение. – 2017. – №6. – с.6.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У., Сатторов З.М.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

В современном строительстве широко используются конструкции и изделия из древесины. Обладая несомненными достоинствами в качестве строительного материала, древесина является легковоспламеняемым и легкогорючим веществом [1].

Воспламенение древесины может произойти как от открытого малокалорийного источника зажигания, так и от прогретых предметов или горячих газов. При повышении температуры до 125°C из древесины быстро испаряется влага; после этого она начинает разлагаться с выделением горючих летучих веществ. При температуре выше 210°C и наличии источника зажигания эти летучие вещества воспламеняются, температура повышается и процесс переходит в экзотермическую стадию горения с большим выделением тепла.

Продолжение и развитие процесса горения древесины возможно только при условии, если количество тепла, отдаваемое горячей поверхностью в окружающее пространство в единицу времени) меньше, чем количество тепла, генерируемое этой поверхностью. Попытки снижения воспламеняемости и горючести древесины предпринимались многими исследователями. Для этих целей созданы огнезащитные обмазки и штукатурки, огнезащитные лаки и краски, огнезащитные пропитки. Эти составы затрудняют процесс воспламенения древесины, выполняя при этом функции декоративно-отделочных материалов. Некоторые из разработанных покрытий под действием высоких температур пожара вспучиваются, значительно увеличиваясь в объеме с образованием пористых угольных слоев, обладающих низкой газопроницаемостью и низкой теплопроводностью. Несмотря на достигнутые успехи, проблему снижения горючести древесины нельзя считать решенной, поскольку известные составы не являются атмосфероустойчивыми, их нельзя применять в условиях строительных площадок при пониженных температурах. Обладая достаточно высокой стоимостью современные средства огнезащиты древесины недолговечны [2].

При этом огромную опасность представляют процессы дымообразования и выделения токсичных газовых выбросов при горении древесины. Выделение дыма и токсичных газов представляет большую опасность при пожаре. Опасность возникает в результате токсического и раздражающего действия продуктов сгорания, а также ухудшения видимости в задымленной среде. Ухудшение видимости затрудняет эвакуацию людей из опасной зоны, что увеличивает риск их отравления продуктами сгорания. Ситуация при пожаре осложняется еще и тем, что дымовые газы быстро распространяются в пространстве и проникают в помещения, удаленные от очага пожара.

Нами выявлено, что концентрация выделяющегося дыма и его природа зависят от структурных особенностей и химического состава горючего материала. В дымовых газах, образующихся при горении древесины, обнаружено более 100 соединений – продуктов неполного сгорания, большинство из которых являются канцерогенными веществами. Выявлены соединения, которые выделяются из компонентов древесины без их изменения за счет испарения и последующей конденсации на частицах сажи или измененными лишь частично в ходе повышения температуры. Некоторые продукты горения древесины используются в качестве меток для определения по дыму принадлежности исходной горящей растительной биомассы к тому или иному виду и породе. В частности, такими маркерами служат некоторые компоненты экстрагируемых из древесины веществ, продукты разложения лигнинов и лигнанов. Анализ дымовых газов в атмосфере, с одной стороны, подтверждает концепцию, что экстрактивы из разных видов и пород древесины различаются по своему химическому составу и содержанию отдельных составляющих, с другой стороны, показывает их разный вклад в процесс горения древесины.

Республиканский стандарт ШНК 2.01.02-04 рекомендует применять показатель D_m^{\max} , этот же показатель и D_m^{\max} используется в конкалориметрических испытаниях материалов (ISO 5660-1 и ISO 5659 соответственно). Преимущество показателей D_m^{\max} и D_m^{\max} состоит в том, что они позволяют выявить зависимость процесса дымообразования от количества материала и его состава. К сожалению, детальная информация о влиянии разновидности и породы древесины на показатели дымообразования отсутствует. Однако, существует общая тенденция: при пламенном горении древесины при воздействии внешнего радиационного теплового потока способность к образованию дыма намного ниже, по сравнению с выделением дыма в режиме разложения и тления. Нами было проведено исследование дымообразующей способности 8 видов хвойных и лиственных пород древесины в наиболее опасном, с точки зрения образования дыма, режиме тлеющего горения [1]. Испытания проводили по стандартному методу при плотности внешнего радиационного теплового потока от 10 до 35 кВт/м². Образцы древесины стеблей гуза-паи, азиатского тополя (терак) и саксаула были взяты из южных вилоятов Узбекистана. Для сравнения с южными разновидностями древесины был взят образец Российской сосны. Влажность образцов колебалась в пределах 4-9 %. Максимальное значение оптической плотности дыма при горении каждой из разновидностей древесины сложным

образом зависит от плотности внешнего теплового потока. При переходе от режима термического разложения и тления к пламенному горению древесины происходит изменение характера дыма. Основным компонентом конденсированной фазы дыма становится углеродная сажа. Положение экстремума соответствует значению критической плотности теплового потока, ниже которого пламенный процесс горения древесины без иницирующего локального источника зажигания не реализуется. Из экспериментальных данных следует, что лиственные породы древесины обнаруживают более низкие значения критической плотности самовоспламенения, чем ее хвойные разновидности. Исключение составляют образцы древесины карагача и тополя, по этому показателю близкие к хвойным породам, вероятно, из-за высокого содержания экстрагируемых веществ. Образцы стеблей гуза-паи имеют самые высокие показатели дымообразующей способности на пределе тлеющего горения. Высокие показатели образования токсических веществ в газообразных выбросах горения стеблей гуза-паи, обусловлено тем, что в хлопковые поля вводятся огромное количество различных ядохимикатов, гербицидов и пестицидов, которые скапливаются в стеблях хлопчатника.

Термическое разложение материалов является определяющей стадией в процессе их горения. Как было установлено в работе [3], такие параметры, как температура разложения древесины, средняя скорость образования летучих продуктов, выход коксового остатка, жидкой и газовой фракций зависят от соотношения компонентов древесины. Так, например, температура начала разложения снижается, когда возрастает суммарное содержание гемицеллюлозы и экстрагируемых веществ по отношению к содержанию целлюлозы. Выход карбонизованного остатка растет с увеличением содержания лигнина. Выход жидкой, смолистой фракции (tar) зависит от участия в пиролизе холоцеллюлозы. По-видимому, именно она существенно влияет на образование дыма из-за относительно высокого содержания в древесине разных видов. Выявлено, что наибольший вклад в токсичность продуктов сгорания древесины вносит именно монооксид углерода. В режиме тлеющего горения древесины тополя выход СО в 70-240 раз превышал выход СО при пламенном горении. Нами изучено влияние вида и породы древесины на токсичность продуктов горения при действии внешнего радиационного теплового потока, проведена оценка выхода монооксида и диоксида углерода в режиме пламенного и тлеющего горения древесины. Объектом служили образцы стеблей хлопчатника, сосны и тополя. Из южного региона Узбекистана взяты образцы древесины карагача, дуба и саксаула. Определение показателя токсичности проводили газохроматографическим и аналитическим методом по ШНК 2.01.02-04. При испытании локальный источник зажигания не использовали. Наблюдаемая экстремальная зависимость показателя HC_{50} обусловлена тем, что при определенной температуре происходит самовоспламенение. При пламенном горении токсичность продуктов горения древесины уменьшается. В режиме тления в диапазоне температуры 450-550° С токсичность продуктов горения образцов древесины самая высокая. Все разновидности древесины в этих условиях проявляют себя как высокоопасные по токсичности продукты горения, которые по стандарту ШНК 2.01.02-04 относятся к группе Т₃.

С увеличением интенсивности теплового воздействия до температуры 700-750° С по токсичности продуктов горения древесина разных видов переходит в группу умеренно опасных материалов Т₂. По сравнению с лиственными породами, независимо от места их произрастания, стебли гуза-паи и древесина сосны образует продукты горения с более высокой токсичностью. Обращает на себя внимание заметное различие показателей НСL₅₀ образцов древесины саксаула и тополя, несмотря на относительно близкие значения их плотности. В то же время, по этому показателю образец карагача ($\rho=400 \text{ кг/м}^3$) ближе по характеру поведения к сосновой древесине ($\rho=450 \text{ кг/м}^3$). Напрашивается вывод, что не только структурные различия разных пород древесины, их плотность, но главным образом химический состав древесины оказывает влияние на процессы, связанные с развитием горения этого материала.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать следующее заключение, что при выборе древесины для производства строительных конструкции необходимо учитывать показатели токсичности и дымообразующей способности дерева. При правильном выборе можно исключить многие нежелательные и негативные последствия пожаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович А.А. Горение древесины. М. Химия. 1992 г. стр.342.
2. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев, Б.А. Полимерные антипирены. Т.ТГТУ, 1996 г. стр.278.
3. Jonson R., Fenimore D. Fire and flammability woods. Jour.Amer.chem.soc. A.1999,3, 467 p.

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИЦЕПНОЙ ПОЖАРНОЙ МОТОПОМПОЙ С ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ НАСОСА 70 Л/С

Антонович А.А., Лахвич В.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Все более актуальным становятся чрезвычайные ситуации природного характера, к которым относятся торфяные и лесные пожары. Данные чрезвычайные ситуации наносят огромный ущерб экологии, связанный со снижением площади лесов, численности животных и уничтожением посевов, а также людям страдающим заболеванием легочной системы.

Большинство торфяных пожаров ликвидируется с применением (автоцистерн) АЦ с производительностью насосов 40-50 л/с, либо (пожарно-насосные станции) ПНС с производительностью насосов 110-133 л/с.

Как показывает практика, практически во всех случаях применения ПНС было продиктовано недостаточной производительностью насосов АЦ, большой удаленностью водоисточников, однако, насос станции на полную мощность использовался исключительно в единичных случаях. А, значит, возникают неоправданно высокие затраты на горюче-смазочные материалы (ГСМ),

амортизацию дорогостоящего оборудования. Проведя анализ в Республике Беларусь и приграничных территориях по пожарам в природных экосистемах по количеству задействованной техники, расходу огнетушащих веществ на тушение, привлечение личного состава можно сделать вывод, что целесообразно применять пожарную технику с производительностью насосной установки примерно 70 л/с. Так как на сегодняшний день использовать АЦ с такой насосной установкой экономически не целесообразно, возникает необходимость в применении мотопомпы с центробежным одноступенчатым насосом с данным расходом и напором, позволяющим подавать воду на достаточно большие расстояния.

Прицепная пожарная мотопомпа может подавать воду из рек, озер, прудов, а также других водоисточников к месту пожара, как в сельской местности, так и в городах.

К преимуществам использования прицепных пожарных мотопомп можно отнести: мобильность, что позволит устанавливать на водоисточник в местах, где ограничен проезд для автоцистерн и простота в эксплуатации, ремонте, обслуживании, что очень важно для эксплуатации их в районах, далеко расположенных от крупных городов.

Основной отличительной чертой при разработке данной мотопомпы будет возможность дистанционного ее управления за счет Беспроводной модуль NRF24L01P+ с усилителем и внешней антенной, которая работает на частоте 2.4ГГц. Максимальное расстояние приема и передачи составляет 1100 метров. Каждый модуль можно устанавливать, как в приемник, так и в передатчик. Модуль имеет маленький размер (45.54 × 16.46 мм), семиканальный прием, управляется по протоколу SPI.

Данная микросхема будет содержать следующие выходы:

GND, GND (черный); VCC, 3.3V (красный); CE, D9 (зеленый); CSN, D10 (серый); SCK, D13 (желтый); MOSI, D11 (синий); MISO, D12 (фиолетовый).

Так же в прицепной мотопомпе предусматриваются задвижки МЗВПР-100 с электроприводом ЭН-3-100-24-А1-03-В-УХЛ3 для дистанционного открывания, которые состоят из корпуса 1, крышки 2, а также устройства для закрытия и открытия прохода рабочей среды через корпус.

Это позволит оптимизировать работу пожарных-спасателей, а также уменьшить количество задействованного личного состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ai-Thinker [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino.ua/ru/prod4214-ai-thinker-besprovodnoi-modyl-nrf24l01palna-s-vneshnei-sma-antennai>. – Дата доступа 15.12.2021.
2. ARDUINO ROBOTS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.zl3p.com/modules/radio>. – Дата доступа 15.12.2021.
3. Электродвижка на пожарный водопровод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sitysun.ru/raznoe/elektrozadvizhka-na-pozharnyj-vodoprovod-elektrozadvizhka-na-pozharnyj-vodoprovod-kupit-v-internet-magazine-%F0%9F%91%8D.html>. – Дата доступа 15.12.2021.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бабакулова Н.Б., Камалова Д.М.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Пожары, обусловленные воспламенением и горением древесных и полимерных материалов, ежегодно наносят большой материальный ущерб национальным хозяйствам, приводят к человеческим жертвам и уничтожению бесценных исторических памятников культуры. Снижение воспламеняемости и горючести древесины и полимеров, создание пожаробезопасных материалов является актуальной проблемой, требующей неотложного решения.

В этом аспекте нами были изучены процессы горения огнезащищенных образцов древесностружечных плит (ДСП). Эти исследования были проведены в лаборатории термодинамики процессов горения и взрыва Университета КЕИО (Япония).

Как известно [1], для получения древесно-стружечных плит со свойством огнезащищенности, одинаковым по всему сечению плиты, огнезащитный состав вводят в стружку до формирования ковра.

Для этой цели мы исследовали модификацию полимерного связующего строительного материала карбамидно-формальдегидной смолы фосфорсодержащими полимерами, полученными на основе взаимодействия дихлоргидринглицирина (ДХГГ) и хлорэтилметакрилата (ХЭМА) с фосфористой кислотой, а также для сравнительного анализа низкомолекулярного антипирена на основе ортофосфорной кислоты и мочевины, широко применяющегося в настоящее время в промышленности огнезащитный состав для получения огнестойких древесных плит [2].

Экспериментально установлено, что при введении небольшого количества (1-7%) полимерного антипирена в карбамидно-формальдегидную смолу, в отличие от низкомолекулярного аналога, приводит к значительному повышению ее прикладных, физико-химических, а также огнестойких свойств. В таблице приведены некоторые физико-химические свойства модифицированных смол.

Как видно, из таблице введением полимерного модификатора в состав карбамидно-формальдегидной смолы прикладные свойства модифицированных образцов улучшаются, по сравнению, с модифицированными низкомолекулярным модификатором – образцами.

Это, по всей вероятности, связано с полимерной природой модификатора, способствующего образованию более плотной упаковки макромолекулярной структуры сетчатого полимера, а также устранению таких нежелательных процессов, присущих низкомолекулярным модификаторам, как миграция на поверхность материала, улетучивание и выпотевание.

Таблица. Влияние природы и содержания модификаторов на свойства карбамидно-формальдегидной смолы КФ-МТ.

Содержание модификатора%	Время отверждения сек	Скорость возгорания, сек	Термический коэффициент тлинейной усадки за 8 ч.при 30 С	Химстойкость %
Без модификатора				
	720	58	3,0	2,8
Полимерный антипирен				
1	710/706	76/79	1,8/2,0	1,6/2,0
3	590/586	96/94	1,4/1,8	1,0/1,6
5	390/384	104/108	0,6/0,9	0,2/0,4
7	312/308	126/135	0,2/0,3	0,06/0,07
Низкомолекулярный антипирен				
1	712	12	2,2	2,0
3	670	86	1,6	1,4
5	490	99	1,2	0,8
7	365	104	0,7	0,4

Примечание: В знаменателе – данные для полимера ФК-ДХГГ, числителе – для полимера на основе ФК-ХЭМА

Исследование термодеструкции модифицированных образцов методом ДТА и ДТГ на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей подтвердило эффективность химической огнезащиты относительно физической. Аналогичные данные получены и в работах [2-3]. Установлено, что оптимальным условием модификации является введение полимерного модификатора в количестве 5% от массы смолы при температуре 363 К. Полученные параметры мы использовали в дальнейшем при определении влияния модифицированных смол на физико-механические свойства, а также на огне- и термостойкость древесно-стружечных плит.

В качестве наполнителя использовали рисовую лузгу, т.к. в Республике Каракалпакстан имеются огромные запасы этого ежегодно возобновляемого сырья. Стружечная масса состояла из тонкой древесной части стебля (50%), волокнистой части коры (30%) и мелкой фракции (20%).

Были исследованы влияния различных факторов, таких как содержание антипирена, режимы перемешивания, прессования, температуры и продолжительности времени прессования, давления прессования на физико-механические и другие свойства полученных плитных материалов. После определения оптимального содержания антипирена были исследованы влияния температуры и продолжительности процесса прессования.

Результаты испытаний показали, что введение полимерного и низкомолекулярного антипирена в связующее значительно повышает физико-механические свойства плит. Как и следовало ожидать, полимерный антипирен активно участвует в процессах, происходящих при прессовании и закалке плит.

Он выполняет функции пластификатора древесного волокна, затем, образуя пространственные сшивки, приводит к повышению прочностных характеристик, а также водостойкости, огнестойкости готового материала.

Для установления эффективности огнезащитного действия антипиренов испытаниям, которые были проведены по методу определения кислородного индекса, "огневая труба" и скорости возгорания подвергали модифицированные стружечные плиты.

Было установлено, что полимерный антипирен обладает более высоким огнезащитным эффектом, обеспечивающим возможность перевода сгораемого материала в группу трудносгораемых. Наблюдаемое при этом обугливание характерное любому органическому веществу, ограничивается площадью действия пламени поджигающего источника. При нагревании древесной плиты происходит разложение антипиренов с образованием кислот, вызывающих обугливание и дегидратацию плит, препятствующих образованию и выходу горючих газообразных продуктов разложения.

Для установления механизма огнезащитного действия исследовали превращения, протекающие в твердой фазе образцов на стадии, соответствующей горению. Полимерный модификатор начинает разлагаться с потерей массы при температуре 473 К. Из этих данных следует, что природа модификатора имеет значение не только для прочности и водостойкости плитных материалов, как это было показано выше, но также для обеспечения надлежащей термостойкости модификатора, температура активации которого должна быть выше температуры горячего прессования ДСП.

С дальнейшим повышением температуры полимерный модификатор активизируется и изменяет процесс терморазложения древесного волокна. С применением дериватографа системы Паулик-Паулик-Эрдей были получены значения характерных температур распада, модифицированных с различными модификаторами образцов древесных плит. Эксперимент проведен при скорости повышения температуры в камере 6 град/мин. Были выявлены две стадии процесса терморазложения. Первая – интенсивное разложение модификатора с выделением летучих продуктов, которые определяют пламенное горение. Вторая – превращение твердого остатка с низкой скоростью потери массы.

Интенсивное разложение ДСП образцов, модифицированных полимером, протекает в более узком интервале, чем разложение образцов, модифицированных низкомолекулярным модификатором. Начало его сдвинуто в сторону низких значений на 40-50° С и характеризуется повышенной скоростью разложения.

При этом установлено, что суммарный выход летучих продуктов на стадии существенно сокращается по сравнению с образцами, модифицированными низкомолекулярным аналогом. Вторая стадия у образцов ДСП с полимерным модификатором, напротив, протекает в более широком интервале температур. Значение ее, соответствующее максимальной скорости разложения, не изменяется, но сама скорость процесса снижается, свидетельствуя о высокой эффективности полимерного модификатора по сравнению с низкомолекулярным аналогом.

Определяющее различие в горючести обусловлено тем, что полимерный модификатор при повышении температуры выше некоторого критического значения оказывает дегидратирующее действие, который имеет сложный характер. По-

видимому, ускорение реакции дегидратации ведет к образованию промежуточных дегидрополисахаридов, являющихся при более высоких температурах термически стабильными. Вторая же температурная фаза протекает по механизму радикальной деструкции и сопровождается большой потерей массы образца. На основе полученных результатов термо- и огнестойкости образцов можно предложить следующие возможные механизмы процессов деструкции образцов [4].

Как известно, парогазовая смесь, образующаяся по первому механизму не горюча, а уголь имеет невысокую скорость горения, которое протекает без пламени. Образующаяся по второму механизму смола является основным источником горючих летучих продуктов и определяет пламенное горение образцов. В первых экспериментах по горению в атмосфере газообразного азота образцов, спрессованных из порошков огнезащищенных ДСП, были обнаружены два качественно различных режима горения: послойный и поверхностный.

В послойном режиме фронт горения плоский и охватывает все сечение образца. В поверхностном режиме фронт горения сильно искривлен, распространение ведущей части фронта реакции локализовано в поверхностных областях образца, в то время как в центральной части образца реакция либо происходит на значительном удалении от лидирующей части фронта, либо вовсе отсутствует. Внешняя картина процесса горения в обоих режимах выглядит совершенно одинакова, поэтому вывод о режиме делался на основе визуального осмотра сечений сгоревших образцов и на основе химического анализа проб, взятых из сгоревших образцов.

Для количественной характеристики режима горения была предложена величина m , определяемая по результатам химического анализа и представляющая собой отношение глубины превращения в центре образца к средней глубине превращения во всем образце. С одной стороны, на основе теоретического анализа двумерной модели фильтрационного горения показано, что величина m существенно зависит от длины образца. С другой стороны, как известно из общей теории, установившаяся волна горения представляет собой промежуточную асимптотику, и ее характеристики не зависят от длины образца. С этой точки зрения величина m является неадекватной характеристикой режима горения для сравнения теории и эксперимента.

В данной работе впервые предлагается судить о режиме горения не по косвенным данным химического анализа продуктов горения, а на основе прямого определения формы фронта в процессе горения с помощью термопарных измерений. Цель этого эксперимента – сопоставить экспериментальные наблюдения (на примере горения пористых образцов ДСП в токе азоте) с результатами теоретического прогноза режима горения, основанного на величине критерия теории случайности. Проведенное сопоставление наблюдений и прогноза режима горения позволяет сделать вывод о соответствии теории и эксперимента.

На основе теоретического анализа послойного и поверхностного режимов фильтрационного горения, был выведен соответствующий критерий, определяющий режим горения. По физическому смыслу этот критерий представляет собой отношение массового потока азота, поглощаемого в результате

химической, реакции, в плоском фронте горения, к массовому потоку азота, подводимому за счет фильтрации при данных условиях синтеза. Сопоставление экспериментальных данных с результатами расчетов критерия теории случайностей позволяет сделать вывод о соответствии теории эксперименту.

Таким образом, нами на основе применения ультрасовременных методов исследования процессов горения огнезащищенных образцов ДСП были выявлены два качественно различных режима горения: послойный и поверхностный. В послойном режиме фронт горения плоский и охватывает все сечение образца. В поверхностном режиме фронт горения сильно искривлен, распространение ведущей части фронта реакции локализовано в поверхностных областях образца, в то время как в центральной части образца реакция либо происходит на значительном удалении от лидирующей части фронта, либо вовсе отсутствует. Кроме того, выявлены преимущества полимерного антипирена по сравнению с низкомолекулярными аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович А.А. Горения древесных материалов. – М.: Химия. 2012 г. – с. 340.
2. Ратушный У.З. Химия и технология целлюлозы. – М.: Химия. 2015 г. – с.267.
3. Хардин А.П., Зельцер И.В. Горение древесины и фанеры. – М.: Строиздат. 2014 г. – с.421.
4. Абдукадиров Ф.Б., Мухамедгалиев Б.А., Исмаилов Р.И. Разработка полимерных антипиренов. – Т.: ТАСИ, 2021 г. – с.190.

РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ КОЭФФИЦИЕНТНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ботян С.С., Жамойдик С.М., Кудряшов В.А.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Прямой (классической) задачей теплообмена называется задача, в которой с использованием известной зависимости плотности теплового потока, граничных и начальных условий, теплофизических свойств, внутренних источников теплоты, геометрических характеристик тела от времени определяется распределение температуры (температурное поле) в твердом теле. Для таких задач известны алгоритмы решения (аналитический, аналоговый, графический, численный) и данную задачу можно считать корректной. Каждая прямая задача теплообмена, в зависимости от типа и свойств физической системы может быть сопоставлена с некоторым множеством обратных задач.

Обратная задача теплообмена сводится к определению теплового потока на поверхности твердого тела (обратная граничная задача теплообмена) или теплофизических характеристик (обратная коэффициентная задача теплообмена) с использованием известной температуры, полученной в экспериментальных условиях.

Также обратные задачи теплопроводности можно разделить на стационарные и нестационарные. Стационарная обратная задача является более простой, поскольку единственной теплофизической характеристикой является коэффициент теплопроводности, а изменение температуры во времени не учитывается. В нестационарных обратных задачах теплопроводности кроме коэффициента теплопроводности важной теплофизической характеристикой является объемная теплоемкость, также в таких задачах требуется много дискретных изменений температуры во времени. В целом обратные задачи теплопроводности в зависимости от используемых моделей процесса и вида области независимых переменных делятся на одномерные и многомерные, линейные и нелинейные, односвязные и многосвязные и пр.

Особенностью обратной задачи теплообмена является их вариативность постановок, а также неоднозначность и неустойчивость их решения, что объясняется некорректностью их исходной постановки [1-3]. Из того факта, что решение прямой задачи единственно, не следует единственность решения для обратной задачи, и к настоящему времени в данной области получены достаточно полные результаты [1-3].

Общими математическими методами решения некорректно поставленных обратных задач теплообмена, являются метод регуляризации (итерационной или вариационной) и функциональной аппроксимации [1-4]. Для реализации указанных методов используются численные способы решения.

Метод регуляризации представляет собой модифицированный метод наименьших квадратов и имеет несколько вариантов (регуляризация по всей области, метод последовательной регуляризации). Различные алгоритмы регуляризации при решении обратных задач теплопроводности изучались многими исследователями [1-4]. Основным вопросом практического применения регуляризуемого итерационного метода заключается в определении момента последней итерации. При этом наиболее распространенным и математически обоснованным критерием последней итерации является условие невязки, когда минимизируемый функционал-невязка достигает значения суммарной погрешности экспериментальных данных.

Метод функциональной аппроксимации состоит в задании функциональной зависимости (кусочно-постоянной, кусочно-линейной и т.д.) изменения по времени плотности теплового потока на поверхности. Функциональная форма содержит ряд неизвестных параметров, которые оцениваются также по методу наименьших квадратов.

Одним из видов обратной задачи теплообмена вызывающий большой практический интерес, является задача с определением теплофизических характеристик материалов. Такие задачи получили название коэффициентных обратных задач теплопроводности. В такой постановке задачи, при экспериментальных исследованиях измеряется температура на поверхностях материала, скорость ее изменения и в дальнейшем используется при определении значений теплофизических характеристик. Использование такого подхода имеет ряд преимуществ перед традиционными методами измерения теплофизических характеристик материалов, особенно для широкого диапазона

температур, скорости изменения температуры, превращений в материале и пр. Особенно важно это применять для строительных материалов, характерным к фазовым переходам и превращениям при их нагреве (пористых, минераловатных, вспучивающихся, дегидратирующих и пр.) и учете таких физико-химических процессов в так называемых «эффективных теплофизических характеристик» материалов. Определенные указанным способом эффективные теплофизические характеристики позволяют более точно оценить температурные поля в заданном диапазоне температур при оценке огнестойкости строительных конструкций.

Как показали результаты ряда проведенных исследований [1, 2], наиболее эффективных подход к решению нелинейных коэффициентных обратных задач теплообмена (для высокотемпературных нестационарных процессов свыше 1000 °С), с учетом нелинейной зависимости теплофизических характеристик от температуры состоит в применении численных методов (метода конечных разностей и конечных элементов), основанный на алгоритмах итерационной регуляризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алифанов, О.М. Обратные задачи теплообмена / О.М. Алифанов – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
2. Бек, Д. Некорректные обратные задачи теплопроводности: пер. с англ. / Д. Бек, Б. Блакуэлл, Ч. Сент-Клэр. – М.: Мир, 1989. – 312 с.
3. Коздоба, Л.А. Методы решения обратных задач теплопереноса / Л.А. Коздоба, П. Г. Круковский. – Киев: Наукова думка, 1982. – 358 с.
4. Тихонов, А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин – 2-е изд. – М.: Наука, 1979. – 284 с.

РАСЧЕТ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ ОДНОКАМЕРНОГО СТЕКЛОПАКЕТА

Дмитриченко А.С.¹, Мамедова С.И.²

¹Беларссукый государственный технологический университет

²Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Одной из главных тенденций в современной строительной отрасли является использование остекленных фасадов. Разрушение ограждающих светопрозрачных конструкций (СПК) может оказать существенное влияние на динамику развития пожара. При разрушении СПК и вскрытии проемов происходит резкий приток воздуха в зону горения, что приводит к возникновению объемной вспышки. Объемная вспышка, в свою очередь, способствует резкому нарастанию опасных факторов пожара.

Таким образом, актуальными являются исследования, направленные на развитие теоретических основ расчета предела огнестойкости СПК при пожаре.

Рассмотрим светопрозрачную конструкцию, состоящую из двух стеклянных панелей, разделенных воздушным зазором. Каждая стеклянная панель имеет высоту $2H$ и заключена в раму шириной d . Начало координат разместим в центре панели на краю рамы и направим ось z вдоль кромки рамы, ось y перпендикулярно кромке рамы по направлению к центру панели, ось x перпендикулярно поверхности стеклянной панели толщиной L (рис. 1).

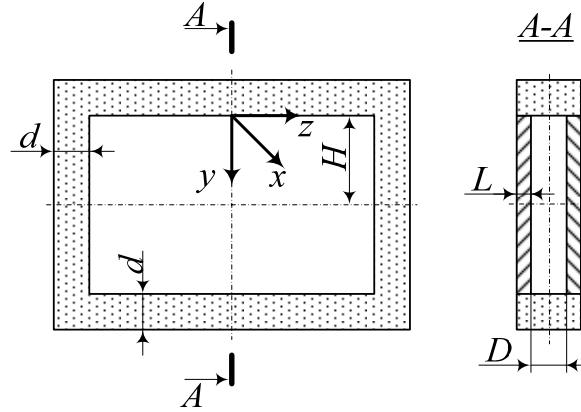


Рис 1. Однокамерный стеклопакет.

Температура в каждой из них будет определяться из решения двумерного дифференциального уравнения теплопроводности [1]. Будем считать, что до момента разрушения первой панели, обращенной в сторону пожара, она поглощает весь радиационный поток и на вторую панель он не воздействует [2].

$$\rho(T_1)c(T_1)\frac{\partial T_1(x,y,t)}{\partial t} = \lambda(T_1)\left(\frac{\partial^2 T_1(x,y,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_1(x,y,t)}{\partial y^2}\right) + I(t)\frac{e^{-x/\gamma}}{\gamma}\eta(y)\eta(t-\tau_{b2}); \text{ при } 0 < x < L, -d < y < H, 0 < t < \tau_{b1}; \quad (1)$$

$$\rho(T_2)c(T_2)\frac{\partial T_2(x,y,t)}{\partial t} = \lambda(T_2)\left(\frac{\partial^2 T_2(x,y,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_2(x,y,t)}{\partial y^2}\right) + I(t)\frac{e^{-x/\gamma}}{\gamma}\eta(y); \text{ при } 0 < x < L, -d < y < H, 0 < t < \tau_{b2}, \quad (2)$$

где $\rho(T)$ – плотность стекла, кг/м³; $c(T)$ – теплоемкость стекла, Дж/(кг · К); $T_1(x, y, t)$ – температура первой панели, К; $T_2(x, y, t)$ – температура второй панели, К; $\lambda(T)$ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); x, y – пространственные координаты, м; t – время, с; $I(t)$ – плотность лучистого потока, поступающего на поверхность пластины, Вт/м²; γ – длина затухания (величина обратная коэффициенту поглощения), м; $\eta(y)$ – единичная функция Хевисайда ($\eta(y)=0$ при $y<0$; $\eta(y)=1$ при $y>0$); τ_{b2} – время разрушения наружной панели, с; τ_{b1} время разрушения внутренней панели, с ($\tau_{b1} > \tau_{b2}$). Индексы: 1 – первая панель; 2 – вторая панель.

Начальное условие имеет вид

$$T_1(x,y,0) = T_i; T_2(x,y,0) = T_i; \text{ при } t = 0, \quad (3)$$

где T_i – начальная температура пластины, К.

Граничные условия имеют вид

$$-\lambda \frac{\partial T_1(0,y,t)}{\partial x} = [h_1(T_1(0,y,t) - T_{c1}(t)) +$$

$$+ \varepsilon_{np} \sigma (T_1^4(0, y, t) - T_{c1}^4(t)) \eta(y); \quad (4)$$

$$- \lambda \frac{\partial T_1(L, y, t)}{\partial x} = [h_{12}(T_2(0, y, t) - T_1(L, y, t)) + \\ + \varepsilon_{12} \sigma (T_2^4(0, y, t) - T_1^4(L, y, t))] \eta(y) \eta(\tau_{b2} - t) + \\ + [h_2(T_{c2}(t) - T_1(L, y, t)) + \\ + \varepsilon_{np} \sigma (T_{c2}^4(t) - T_1^4(L, y, t))] \eta(y) \eta(t - \tau_{b2}); \quad (5)$$

$$- \lambda \frac{\partial T_2(0, y, t)}{\partial x} = [h_{12}(T_2(0, y, t) - T_1(L, y, t)) + \\ + \varepsilon_{12} \sigma (T_2^4(0, y, t) - T_1^4(L, y, t))] \eta(y); \quad (6)$$

$$- \lambda \frac{\partial T_2(L, y, t)}{\partial x} = [h_2(T_{c2}(t) - T_2(L, y, t)) + \\ + \varepsilon_{np} \sigma (T_{c2}^4(t) - T_2^4(L, y, t))] \eta(y); \quad (7)$$

$$\frac{\partial T_1(x, -d, t)}{\partial y} = \frac{\partial T_1(x, H, t)}{\partial y} = \frac{\partial T_2(x, -d, t)}{\partial y} = \frac{\partial T_2(x, H, t)}{\partial y} = 0, \quad (8)$$

где $h_1(T)$, $h_2(T)$ – коэффициенты конвективной теплоотдачи с поверхностями в окружающую среду, Вт/(м²·К); $T_{c1}(t)$, $T_{c2}(t)$ – температура окружающей среды, К; $h_{12}(T)$ – коэффициент конвективной теплоотдачи в зазоре между панелями, Вт/(м²·К); $T_i(x)$ – начальная температура пластин, К; ε_{np} – приведенная степень черноты; ε_{12} – приведенная степень черноты системы «панель – панель»; σ – постоянная Стефана – Больцмана ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴)); L – толщина панели, м.

При воздействии пожара на оконную панель ее открытая часть нагревается, а температура закрытой рамой части остается почти неизменной. Поэтому та часть панели, которая закрыта рамой, испытывает напряжение, за счет неравномерности прогрева по площади листа, что приводит к образованию в ней трещин и разрушению.

Будем рассматривать термонапряженное состояние пластины в несвязанной постановке (поле напряжений не влияет на поле температур). Поскольку в направлении оси z отсутствует градиент температуры, пренебрегаем зависимостью напряжений по координате z . Обозначим нормальные напряжения в направлении оси z и y , соответственно, как σ_{zz} и σ_{yy} , а сдвиговые напряжения, как σ_{zy} и σ_{yz} . Безразмерные напряжения будут иметь вид $\Psi = \sigma / \sigma_b$, здесь σ_b – критическое напряжение, вызывающее разрушение стекла. Для того, чтобы избавиться от необходимости рассматривать трехмерную задачу, проинтегрируем все величины по толщине пластины x , и будем рассматривать усредненные по толщине пластины величины. Усредненные главные напряжения, записанные в безразмерном виде по формуле (9).

$$\Sigma_{zz} = \int_0^1 \Psi_{zz} d\xi, \quad \Sigma_{yy} = \int_0^1 \Psi_{yy} d\xi, \quad \Sigma_{yz} = \Sigma_{zy} = \int_0^1 \Psi_{yz} d\xi = \int_0^1 \Psi_{zy} d\xi. \quad (9)$$

Уравнение баланса сил в направлениях z и y имеют вид по формуле (10).

$$\frac{\partial \Sigma_{zz}}{\partial \mu} + \frac{\partial \Sigma_{zy}}{\partial \zeta} = 0, \quad \frac{\partial \Sigma_{yz}}{\partial \mu} + \frac{\partial \Sigma_{yy}}{\partial \zeta} = 0. \quad (10)$$

Учитывая, что на панель не действуют никакие внешние нагрузки, а в центре панели напряжения имеют постоянное значение, запишем граничные условия в виде формулы (11).

$$\int_{\frac{d}{L}}^{\frac{H}{L}} \Sigma_{zz} d\zeta = 0, \quad \frac{\partial \Sigma_{zz}}{\partial \zeta} = 0, \quad \zeta \rightarrow \infty. \quad (11)$$

Поле напряжений и температуры связано следующим уравнением (12).

$$\frac{d^2}{d\zeta^2} [\Sigma_{zz} + \bar{\theta}] = 0. \quad (12)$$

Здесь средняя по толщине пластины безразмерная температура $\bar{\theta}$ определяется из выражения (13).

$$\frac{\bar{T} - T_i}{T_k} = \bar{\theta} = \int_0^1 \theta d\xi. \quad (13)$$

Интегрируя дважды (12) и применяя граничные условия (4) получим выражение для распределения напряжений в панели в области $-d/L < \zeta < -H/L$ получаем формулу (14).

Из (14) можно заметить, что время до разрушения определяется не температурой поверхности панели $\theta(0, \tau)$, но средней температурой $\bar{\theta}(\zeta, \tau)$.

$$\Sigma_{zz}(\zeta, \tau) = \frac{L}{H+d} \int_{\frac{d}{L}}^{\frac{H}{L}} \bar{\theta}(\zeta, \tau) d\zeta - \bar{\theta}(\zeta, \tau). \quad (14)$$

В размерном виде выражение для распределения напряжений в области $-d < y < H$ имеет вид (15).

$$\sigma_{zz}(y, t) = \frac{E\beta}{L(H+d)} \int_{-d}^H \int_0^L T(x, y, t) dx dy - \frac{E\beta}{L} \int_0^L T(x, y, t) dx. \quad (15)$$

Таким образом, из (15) мы можем определить время наступления достижения критических напряжений τ_b , оно определяется из уравнения (16).

$$\sigma_{zz}(-d, \tau_b) = \sigma_b, \quad (16)$$

где, σ_b – критические напряжения, приводящие к разрушению стекла.

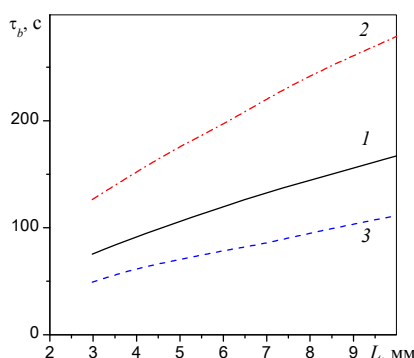
Выражение (16) можно переписать в виде (17).

$$\Delta T(-d, \tau_b) = \frac{\sigma_{zz}(-d, \tau_b)}{E\beta} = \frac{\sigma_b}{E\beta} = T_k, \quad (17)$$

где, T_k – критическая температура перегрева центральной части панели относительно ее края, приводящая к возникновению критических напряжений, вызывающих разрушение стекла.

На рис. 2 показана зависимость предела огнестойкости по критерию достижения критических напряжений в двухслойной СПК, приводящих к ее разрушению от толщины панелей. При этом половина ширины панели $H=0,75$ м, расстояние между панелями – 2 см, интенсивность падающего излучения 5 кВт/м^2 , длина поглощения 1 мм, критическая температура 110°C .

Из приведенных зависимостей видно, что, время наступления разрушения возрастает с увеличением толщины панели. Причем вторая панель разрушается быстрее первой за счет того, что на нее воздействуют более горячие дымовые газы, так что общее время разрушение двухслойной панели превосходит время разрушения однослойной панели не в два раза, а примерно в 1,66 раз.



1 – время наступления разрушения однослойной панели; 2 – время наступления разрушения двухслойной панели; 3 – разность времен разрушения одно- и двухслойной панели

Рис. 2. Зависимость предела огнестойкости по критерию достижения критических напряжений в однослойной и двухслойной панелях, приводящих к их разрушению, от толщины панелей

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриченко, А.С. Исследование термонапряженного состояния светопрозрачной конструкции при огневом воздействии / А.С. Дмитриченко [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 3. Физ.-матем. наук. – 2018. – № 2. – С. 76–81.
2. Cuzzillo, V. R. Thermal Breakage of Double-pane Glazing by Fire / V.R. Cuzzillo, P.J. Pagni // Journal of Fire Prot. Engr. – 1998. – Vol. 9, No 1. – Pp. 1 – 11.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ешбаева Ф.Р., Камалов Ж.К.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Пожары, обусловленные воспламенением и горением древесных и полимерных материалов, ежегодно наносят большой материальный ущерб национальным хозяйствам, приводят к человеческим жертвам и уничтожению бесценных исторических памятников культуры. Снижение воспламеняемости и горючести древесины и полимеров, создание пожаробезопасных материалов является актуальной проблемой, требующей неотложного решения.

В этом аспекте нами были изучены процессы горения огнезащищенных образцов древесностружечных плит (ДСП). Эти исследования были проведены в лаборатории термодинамики процессов горения и взрыва Университета КЕИО (Япония).

Как известно [1], для получения древесно-стружечных плит со свойством огнезащищенности, одинаковым по всему сечению плиты, огнезащитный состав вводят в стружку до формирования ковра.

Для этой цели мы исследовали модификацию полимерного связующего строительного материала карбамидно-формальдегидной смолы фосфорсодержащими полимерами, полученными на основе взаимодействия дихлоргидринглицерина (ДХГГ) и хлорэтилметакрилата (ХЭМА) с фосфористой кислотой, а также для сравнительного анализа низкомолекулярного антипирена на основе ортофосфорной кислоты и мочевины, широко применяющегося в настоящее время в промышленности огнезащитный состав для получения огнестойких древесных плит [2].

Экспериментально установлено, что при введении небольшого количества (1-7%) полимерного антипирена в карбамидно-формальдегидную смолу, в отличие от низкомолекулярного аналога, приводит к значительному повышению ее прикладных, физико-химических, а также огнестойких свойств. В табл. 1. приведены некоторые физико-химические свойства модифицированных смол.

Как видно, из табл. 1 введением полимерного модификатора в состав карбамидно-формальдегидной смолы прикладные свойства модифицированных образцов улучшаются, по сравнению, с модифицированными низкомолекулярным модификатором – образцами.

Это, по всей вероятности, связано с полимерной природой модификатора, способствующего образованию более плотной упаковки макромолекулярной структуры сетчатого полимера, а также устранению таких нежелательных процессов, присущих низкомолекулярным модификаторам, как миграция на поверхность материала, улетучивание и выпотевание.

Таблица 1. Влияние природы и содержания модификаторов на свойства карбамидно-формальдегидной смолы КФ-МТ.

Содержание модификатора %	Время отверждения сек	Скорость возгорания, сек	Термический коэффициент линейной усадки за 8 ч. при 30 С	Химстойкость %
Без модификатора				
	720	58	3,0	2,8
Полимерный антипирен				
1	710/706	76/79	1,8/2,0	1,6/2,0
3	590/586	96/94	1,4/1,8	1,0/1,6
5	390/384	104/108	0,6/0,9	0,2/0,4
7	312/308	126/135	0,2/0,3	0,06/0,07
Низкомолекулярный антипирен				
1	712	12	2,2	2,0
3	670	86	1,6	1,4
5	490	99	1,2	0,8
7	365	104	0,7	0,4

Примечание: В знаменателе – данные для полимера ФК-ДХГГ, числителе – для полимера на основе ФК-ХЭМА

Исследование термодеструкции модифицированных образцов методом ДТА и ДТГ на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей подтвердило эффективность химической огнезащиты относительно физической. Аналогичные данные получены и в работах [2-3]. Установлено, что оптимальным условием модификации является введение полимерного модификатора в количестве 5% от массы смолы при температуре 363 К. Полученные параметры мы использовали в дальнейшем при определении влияния модифицированных смол на физико-механические свойства, а также на огне- и термостойкость древесно-стружечных плит.

В качестве наполнителя использовали рисовую лузгу, т.к. в Республике Каракалпакстан имеются огромные запасы этого ежегодно возобновляемого сырья. Стружечная масса состояла из тонкой древесной части стебля (50%), волокнистой части коры (30%) и мелкой фракции (20%).

Были исследованы влияния различных факторов, таких как содержание антипирена, режимы перемешивания, прессования, температуры и продолжительности времени прессования, давления прессования на физико-механические и другие свойства полученных плитных материалов. После определения оптимального содержания антипирена были исследованы влияния температуры и продолжительности процесса прессования.

Результаты испытаний показали, что введение полимерного и низкомолекулярного антипирена в связующее значительно повышает физико-механические свойства плит. Как и следовало ожидать, полимерный антипирен активно участвует в процессах, происходящих при прессовании и закалке плит.

Он выполняет функции пластификатора древесного волокна, затем, образуя пространственные сшивки, приводит к повышению прочностных характеристик, а также водостойкости, огнестойкости готового материала.

Для установления эффективности огнезащитного действия антипиренов испытаниям, которые были проведены по методу определения кислородного индекса, "огневая труба" и скорости возгорания подвергали модифицированные стружечные плиты.

Было установлено, что полимерный антипирен обладает более высоким огнезащитным эффектом, обеспечивающим возможность перевода сгораемого материала в группу трудносгораемых. Наблюдаемое при этом обугливание характерное любому органическому веществу, ограничивается площадью действия пламени поджигающего источника. При нагревании древесной плиты происходит разложение антипиренов с образованием кислот, вызывающих обугливание и дегидратацию плит, препятствующих образованию и выходу горючих газообразных продуктов разложения.

Для установления механизма огнезащитного действия исследовали превращения, протекающие в твердой фазе образцов на стадии, соответствующей горению.

Полимерный модификатор начинает разлагаться с потерей массы при температуре 473К.

Из этих данных следует, что природа модификатора имеет значение не только для прочности и водостойкости плитных материалов, как это было показано выше, но также для обеспечения надлежащей термостойкости модификатора, температура активации которого должна быть выше температуры горячего прессования ДСП.

С дальнейшим повышением температуры полимерный модификатор активизируется и изменяет процесс терморазложения древесного волокна. С применением дериватографа системы Паулик-Паулик-Эрдей были получены значения характерных температур распада, модифицированных с различными модификаторами образцов древесных плит. Эксперимент проведен при скорости повышения температуры в камере 6 град/мин. Были выявлены две стадии процесса терморазложения. Первая – интенсивное разложение модификатора с выделением летучих продуктов, которые определяют пламенное горение. Вторая – превращение твердого остатка с низкой скоростью потери массы.

Интенсивное разложение ДСП образцов, модифицированных полимером, протекает в более узком интервале, чем разложение образцов, модифицированных низкомолекулярным модификатором. Начало его сдвинуто в сторону низких значений на 40-50°C и характеризуется повышенной скоростью разложения.

При этом установлено, что суммарный выход летучих продуктов на стадии существенно сокращается по сравнению с образцами, модифицированными низкомолекулярным аналогом. Вторая стадия у образцов ДСП с полимерным модификатором, напротив, протекает в более широком интервале температур. Значение ее, соответствующее максимальной скорости разложения, не изменяется, но сама скорость процесса снижается, свидетельствуя о высокой эффективности полимерного модификатора по сравнению с низкомолекулярным аналогом.

Определяющее различие в горючести обусловлено тем, что полимерный модификатор при повышении температуры выше некоторого критического значения оказывает дегидратирующее действие, который имеет сложный характер. По-видимому, ускорение реакции дегидратации ведет к образованию промежуточных дегидрополисахаридов, являющихся при более высоких температурах термически стабильными. Вторая же температурная фаза протекает по механизму радикальной деструкции и сопровождается большой потерей массы образца. На основе полученных результатов термической и огнестойкости образцов можно предложить следующие возможные механизмы процессов деструкции образцов [4].

Как известно, парогазовая смесь, образующаяся по первому механизму не горюча, а уголь имеет невысокую скорость горения, которое протекает без пламени. Образующаяся по второму механизму смола является основным источником горючих летучих продуктов и определяет пламенное горение образцов. В первых экспериментах по горению в атмосфере газообразного азота образцов, спрессованных из порошков огнезащищенных ДСП, были обнаружены два качественно различных режима горения: послойный и поверхностный.

Таблица 2. Некоторые характеристики термораспада модифицированных образцов ДСП из рисовой лузги.

Показатели	Модифицированные образцы ДСП	
	полимерным антипиреном	низкомолекулярным антипиреном
Первая стадия		
Температурный интервал интенсивного разложения, К	500-570	446-653
Выход летучих продуктов, % рад.	26,2	58,6
Максимальная скорость разложения, % град.	1,22	1,20
Кажущаяся энергия активации, Кдж/моль	102	146
Вторая стадия		
Температурный интервал процесса, К	570-658	653-788
Максимальная скорость процесса, % град.	0,22	0,37

В послойном режиме фронт горения плоский и охватывает все сечение образца. В поверхностном режиме фронт горения сильно искривлен, распространение ведущей части фронта реакции локализовано в поверхностных областях образца, в то время как в центральной части образца реакция либо происходит на значительном удалении от лидирующей части фронта, либо вовсе отсутствует. Внешняя картина процесса горения в обоих режимах выглядит совершенно одинакова, поэтому вывод о режиме делался на основе визуального осмотра сечений сгоревших образцов и на основе химического анализа проб, взятых из сгоревших образцов.

Сопоставление экспериментальных данных с результатами расчетов критерия теории случайностей позволяет сделать вывод о соответствии теории эксперименту.

Таким образом, нами на основе применения ультрасовременных методов исследования процессов горения огнезащищенных образцов ДСП были

выявлены два качественно различных режима горения: послойный и поверхностный. В послойном режиме фронт горения плоский и охватывает все сечение образца. В поверхностном режиме фронт горения сильно искривлен, распространение ведущей части фронта реакции локализовано в поверхностных областях образца, в то время как в центральной части образца реакция либо происходит на значительном удалении от лидирующей части фронта, либо вовсе отсутствует. Кроме того, выявлены преимущества полимерного антипирена по сравнению с низкомолекулярными аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович А.А. Горение древесных материалов. – М.: Химия. 2012 г. – с. 340.
2. Ратушный У.З. Химия и технология целлюлозы. – М.: Химия. 2015 г. – с. 267.
3. Хардин А.П., Зельцер И.В. Горение древесины и фанеры. – М.: Строиздат. 2014 г. – с. 421.
4. Абдукадиров Ф.Б., Мухамедгалиев Б.А., Исмаилов Р.И. Разработка полимерных антипиренов. – Т.: ТАСИ, 2021 г. – с. 190.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ И ЖАРОСТОЙКОСТИ БЕТОНОВ

Жуманова С.Г., Мажидов С.Р., Мухамедов Н.А., Сагдуллаев А.Б.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Огнестойкость – это способность противостоять повышенным температурам недолговременно, например, во время пожара, прорыва горячего пара или газа. Жаростойкость же характеризуется возможностью выдерживать температуру длительное время, при этом сохраняя эксплуатационные свойства материала. Бетон в общей своей массе обладает отличной огнестойкостью или огнеупором, а вот жаростойкость различных составов отличается. Кратковременное воздействие огня на бетон даже оказывает благоприятное влияние на него, повышает прочностные характеристики материала. Но если открытый огонь длительное время воздействует на состав, разрушения не избежать [1].

Безусловно, при кратковременном воздействии на бетонный состав огня происходит упрочнение бетона: под действием высокой температуры вся «свободная» остаточная влага испаряется, делая состав твердым и прочным. Однако по мере продолжения «горения» бетона, его структура начинает разлагаться на составляющие компоненты. Данный процесс усугубляется, если бетон резко охладить или потушить жидкостью: начинают образовываться трещины, сколы и элементы неисправимой деформации, происходит ослабление арматурных конструкций в ЖБИ [2].

При высокотемпературном нагреве в бетоне происходят сложные физико-химические и физико-механические процессы. Прочность бетона при действии высоких температур зависит от свойств вяжущих веществ, от дисперсного

состава заполнителей. При нагревании бетонов и растворов происходит дегидратация образовавшихся в процессе твердения гидросиликата и гидроалюмината кальция, а равно и гидрата окиси кальция. Распад гидратов приводит к нарушению механической прочности отвердевшей цементной массы. Разупрочнение бетона может способствовать его разрушению не только из-за давления паров в порах, но и под действием термических напряжений, а также из-за различия в коэффициентах температурного расширения различных наполнителей бетона [3].

Нарушение структуры бетона после высокотемпературного огневого воздействия происходит в следующих диапазонах температур:

- в начале пожара при температуре до 200 °С прочность бетона на сжатие практически не изменяется. Считается, что только в случаях, если влажность бетона превышает 3,5%, то при огневом воздействии и температуре 250°С возможно хрупкое разрушение бетона. Но оно возможно и при более низкой влажности, даже при воздействии стандартных температурных воздействий, и особенно проявляется при воздействии огневого воздействия, развивающегося по "тоннельной" или "углеводородной" кривой.

- от 250° С до 350° С в бетоне образуются, в основном, трещины от температурной усадки бетона.

- до 450° С в бетоне образуются трещины преимущественно от разности температурных деформаций цементного камня и заполнителей.

- свыше 450° С происходит нарушение структуры бетона из-за дегидратации $\text{Ca}(\text{OH})_2$, когда свободная известь в цементном камне гасится влагой воздуха с увеличением объема.

- при температуре свыше 573° С наблюдается нарушение структуры бетона из-за модифицированного превращения α -кварца в β -кварц в граните с увеличением объема заполнителя.

- при температуре свыше 750°С структура бетона полностью разрушается.

Из-за относительно низкой теплопроводности бетона непродолжительное действие высоких температур не вызывает достаточного нагревания бетона, а также арматуры, которая находится под защитным слоем. Гораздо опаснее является поливание холодной водой сильно разогретого бетона. При этом холодная вода вызывает образование трещин, нарушение защитного слоя, а также обнажение арматуры при не прекращающемся воздействии высоких температур [4].

Чтобы предотвратить негативные влияния температур на бетон, применяют следующие методы повышения его жаропрочности:

- введение алюминиевых и кремниевых добавок (позволяют избежать плавления при горении и других разрушений)

- применение в составе портландцемента (придает составу стандартный показатель прочности в пределах от 200 до 600 МПа/см²)

- использование пористых огнеупорных пород в качестве наполнителей (в т. ч. вулканического происхождения и искусственные)

Что касается огнестойкости, то для ее достижения можно достичь применением глиноземистых компонентов, но при этом существенно уменьшается прочность материала. Важно, что достигается огнестойкость

путем добавления заполнителей в процессе изготовления смеси (андезит, базальт, шамот, кирпичный щебень и т.д.).

Такое свойство легких бетонов объясняется их низкой плотностью за счет их пористости. Кроме того, в состав многих ячеистых бетонов входит минеральные кремниземистые заполнители, имеющие жаропрочный эффект. То есть именно легкий ячеистый бетон наиболее распространен при строительстве сооружений, где требуются повышенные показатели пожаробезопасности.

С точки зрения огнестойкости наиболее прочной является арматурная сталь марки 25Г2С класса А-III. Ее критическая температура составляет 570 °С. Надо сказать, что цена арматуры из такой стали относительно высокая.

Поэтому при заливке конструкции должна строго соблюдаться инструкция. Разрушение колонн под воздействием открытого огня происходит в результате снижения прочности бетона и арматуры. Причем, внецентренная нагрузка уменьшает их огнестойкость. В случаях, когда нагрузка происходит с большим эксцентриситетом, огнестойкость конструкции зависит от толщины защитного слоя в области растянутой арматуры. Другими словами – характер работы колонн при нагревании аналогичен с простыми балками. Если же нагрузка происходит с малым эксцентриситетом, то конструкция может сопротивляться воздействию пожара, как и центрально-сжатые колонны. Огнестойкость колонн, выполненных из раствора на гранитном щебне, на 20% меньше, чем колонн на известковом щебне. Поэтому предел огнестойкости газобетонных блоков и других изделий из ячеистого бетона более высокий. Таким образом, предел огнестойкости пенобетонных блоков составляет около 900 °С. Для сравнения, обычный бетон при температуре около 400-700 °С теряет основную часть своей прочности. Поэтому данный материал получил широкое распространение при строительстве зданий, в которых планируется повышенный уровень пожароопасности. Применение в типовых композициях тяжелых и мелкозернистых бетонов разработанного нами огнестойкого полимера, на основе отходов химической промышленности, позволяет предотвратить взрывообразное разрушения бетона при высокотемпературном воздействии, тем самым повысить огнестойкость и жаростойкость железобетонных конструкций. Проведенная серия механических и огневых испытаний бетонов и железобетонных (а также стеклопластиково-бетонных, с композитной арматурой) конструкций на примере блоков тоннельной обделки под нагрузкой показала соответствие данных бетонов требованиям действующего республиканского законодательства.

Таким образом, огнестойкость и жаростойкость бетона зависят от ряда факторов, начиная от наполнителя материала и заканчивая особенностями бетонных конструкций. Поэтому данному показателю необходимо уделять внимание на всех этапах строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микульский В.Г. Строительные материалы. – М.: «Ассоциация строительных ВУЗов». 1996 г. с. 340.
2. Рибев И.А. Общий курс строительных материалов. – М. Высшая школа. 1987 г. С.290.

3. Robert Neel. North Downs Tunnel (Kent, UK), 2014.
4. Takeshi Ueda. Flammability buildings materials. Tokyo. 2011.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОГNETУШАЩИХ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ

Журов М.М.¹, Лямцев И.В.²

¹Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

²Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси

Успешную ликвидацию пожара можно обеспечить, создав условия, при которых самопроизвольная реакция горения исключается. Для этого разрабатываются и используются огнетушащие средства, различные по составу, свойствам, способу воздействия на очаг возгорания, эффективности. Одним из современных вариантов противостоять огню является применение огнетушащих порошковых составов (далее – ОПС) и соответствующих устройств пожаротушения [1].

Первое упоминание о применении измельченных веществ, для тушения пожара относится к 19 веку. Тогда они не были признаны эффективным средством, но после создания новой методики, касающейся поддержания эксплуатационных свойств на протяжении длительного времени, начали активно использоваться в пожаротушении.

В рецептуру практически всех ОПС (в качестве основных компонентов) входят мелко измельченные минеральные соли трех классов: фосфорно-аммонийные соли, бикарбонаты щелочных металлов, хлориды щелочных металлов. Кроме того, в данных составах содержатся добавки, придающие порошку текучесть и обеспечивающие защиту от слеживаемости и комкования. В следствии чего, они обладают рядом преимуществ перед другими огнетушащими веществами: высокой огнетушащей способностью, превышающей способность таких сильных ингибиторов горения, как галоидоуглеводороды; универсальностью применения, так как порошки подавляют горение материалов, которые невозможно тушить водой и другими веществами (например, металлы и некоторые металлосодержащие соединения); возможностью применения разных способов пожаротушения, предупреждения (флегматизации) и подавления взрыва; быстродействием; экономичностью; доступностью; возможностью применения в условиях низких температур, когда использование других средств недопустимо, неэффективно или экономически невыгодно. В отдельных случаях порошковые составы являются единственно возможным средством пожаротушения. Особенно эффективно их использование для тушения горючих газов, пирофорных веществ, щелочных и легких металлов, полупродуктов их производства и установок, находящихся под напряжением электрического тока до 1000 В.

Благодаря своим достоинствам и, прежде всего, высокой огнетушащей способности, порошки в довольно широком ассортименте используются

в индустриально развитых странах. Различают порошки общего и специального назначения. Первые применяются для тушения пожаров обычных (органических) горючих веществ и материалов. Тушение этих материалов достигается путем создания порошкового облака, которое окутывает очаг горения. Вторые предназначены для тушения горючих веществ и материалов (например, некоторых металлов), прекращение горения которых достигается путем изоляции горячей поверхности от окружающего воздуха [2].

Эффективность огнетушащих порошков и их эксплуатационные свойства (слеживаемость, влагопоглощение, коррозионная активность, способность к транспортированию под давлением) зависят от физико-химических характеристик. Ко всем огнетушащим порошковым составом предъявляются общие технические требования: кажущаяся плотность неуплотненных порошков должна быть не менее 700 кг/м^3 ; кажущаяся плотность уплотненных порошков должна быть не менее 1000 кг/м^3 .

При ситовом анализе совокупное количество остатка порошка на ситах с размером отверстий 50 и 100 мкм не должно отличаться от заявляемой производителем величины более чем на 10 % от массы порошка, при полном отсутствии порошка на сите 1000 мкм.

Заявляемый производителем химический состав должен охватывать более 75 % общей массы порошка. При этом указываемые допустимые отклонения не должны превышать 10 % от заявленного значения для компонентов, составляющих менее 50 % массы порошка, и 5 % для компонента, составляющего более 50 % массы. Данные о химическом составе порошков приводятся в технической документации на них.

Массовое содержание влаги в огнетушащем порошке должно быть не более 0,35 % (масс.) при испытаниях.

При испытаниях порошков на склонность к влагопоглощению увеличение массы должно составлять не более 3 %.

При испытаниях порошков на склонность к слеживанию масса образовавшихся комков не должна превышать 2 % общей массы образца.

При испытаниях порошков на способность к водоотталкиванию порошки не должны полностью впитывать капли воды в течение 120 мин.

Текучесть порошков должна составлять не менее 0,28 кг/с при испытаниях. Остаток порошка после полного выброса не должен превышать 10 % начальной массы порошка [3].

Наиболее широко распространены порошки на основе бикарбоната натрия и фосфорно-аммонийных солей. Предпочтение, естественно, отдается порошкам общего назначения, как наиболее востребованным на практике. Например, порошки класса ABC на фосфорно-аммонийной основе, которые имеют широкий диапазон применения, прежде всего эффективны при ликвидации пожаров класса A1. Они, кроме способности тушить пламя в газовой фазе, обладают свойством плавиться в пламени и растекаться по горячей поверхности твердых материалов, образуя сплошную защитную пленку, надежно изолируя поверхность от доступа воздуха. Для тушения жидкостей и газов более эффективны порошки на основе бикарбоната натрия

и хлорида калия. Остановимся на характеристиках огнетушащего порошка «ВексонАВС-25», который широко применяется в нашей стране (таблица 1).

Таблица. Характеристики огнетушащего порошка «ВексонАВС-25».

Параметр	Значение
Плотность неуплотненного материала	900±70 кг/м ³
Гранулометрический состав:	
Более 100 мкм	27±8%
Менее 50 мкм	50±8%
Содержание влаги	0,35%
Рабочая температура	от -50 до +50 °С

Этот порошок один из самых популярных и используемых в нашей стране. Он предназначен для тушения пожаров классов во всех климатических зонах при температуре окружающей среды от минус 50 °С до плюс 50 °С, является универсальным средством для пожаротушения, имеющим высокую огнетушащую способность и безопасный химический состав. По сравнению со многими другими моделями «ВексонАВС-25» отличается высокими показателями водоотталкивания, текучести и антислеживания благодаря наличию специальных добавок.

Известно, что увеличение скорости струи приводит к увеличению эффективности тушения пожаров в 2-3 раза [4]. Во время нахождения частицы в пламени, вокруг нее создается зона, в которой горение отсутствует. И чем больше скорость этой частицы, тем более вытянутой становится эта зона. Таким образом, суммарный эффект тушения всех частиц порошка становится больше. На основании этого можно сделать вывод, что создание устройств, обеспечивающих более эффективные параметры подачи ОПС, является актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности и состав огнетушащего порошка «Вексон – АВС 25» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opozhare.ru/faq/osobennosti-i-sostav-ognetushashhego-poroshka-vekson-avs-25>. – Дата доступа: 20.11.2021.
2. Порошковое пожаротушение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prom-nadzor.ru/content/poroshkovoe-pozharotushenie>. – Дата доступа: 22.06.2016.
3. Система стандартов пожарной безопасности. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.12.01-2009. Введ. 01.07.2009 (с отменой на территории РБ НПБ 13-2000). – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2009. – 24 с.
4. Подгайный В.П., Зозуля И.И., Копыльный Н.И., Артемов В.Н. Экспериментальное исследование закономерностей тушения горючих веществ и материалов огнетушащими порошками / Пожаротушение: Сб. научн. тр./ ВНИИПО/ – М.: 1986, С. 170-180.

НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГОРЮЧЕСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПРИМЕНЯЕМОЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Зияева М.А., Махманов Д.М.

Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова

Строительные конструкции зданий и сооружений при нормальных условиях эксплуатации сохраняют необходимые рабочие качества в течение десятков лет. В условиях огневого воздействия конструкции достаточно быстро утрачивают свои эксплуатационные свойства, теряют несущую и теплоизолирующую способность, а также целостность. Воздействие высоких температур во время пожара и прилагаемые на конструкции нагрузки интенсивно развивают температурные деформации и деформации ползучести, что приводит к быстрой потере устойчивости [1]. Частые происшествия, связанные с возникновением пожаров в зданиях обуславливают необходимость введения комплекса организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Огнезащита строительных конструкций является составной частью системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в части организации геометрической неизменяемости и устойчивости конструкций при пожаре [2]. Основная задача огнезащиты строительных конструкций состоит не в устранении пожара, а в ограничении распространения огня и продуктов горения, а также уменьшения их влияния на несущие конструкции. При этом решаются две главные задачи: повышается эксплуатационная устойчивость зданий и сооружений за счет увеличения огнестойкости строительных конструкций; во-вторых, предотвращается распространение огня и продуктов горения, что обеспечивает безопасную эвакуацию из горящего объекта [3]. К несущим элементам здания или сооружения относятся конструкции, обеспечивающие его общую устойчивость, геометрическую неизменяемость при пожаре: несущие стены, колонны, балки перекрытий, ригели, фермы, рамы, арки, связи, диафрагмы жесткости и т.п. Классификация зданий по степени огнестойкости осуществляется в соответствии с существующими отраслевыми нормами и правилами и зависит от назначения зданий, их площади, этажности, взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности производств, а также функциональных процессов. За предел огнестойкости строительных конструкций принимается время (в минутах) от начала стандартного огневого воздействия до возникновения одного из предельных состояний по огнестойкости:

- по потере несущей способности (R) конструкций и узлов (обрушение или прогиб в зависимости от типа конструкции);

- по теплоизолирующей способности (I) – повышение температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 160 °С, или в любой точке этой поверхности более чем на 190 °С по сравнению с температурой конструкции до нагрева, или прогрев конструкции более чем на 220°С независимо от температуры конструкции до огневого воздействия;

- по целостности (Е) – образование в конструкции сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя. Способы огнезащиты конструкций разнообразны и включают конструктивные методы – методы создания на поверхности элементов разного рода теплозащитных экранов, физико-химические и технологические приемы, направленные на снижение пожарной опасности материалов [4].

Способы огнезащиты металлических конструкций для металлоконструкций характерно снижение жесткости и прочности с последующим переходом в пластичное состояние. С целью повышения предела огнестойкости металлоконструкций применяют: обетонирование, облицовка из кирпича. Применение огнезащиты металлических конструкций при помощи бетона и кирпичной кладки наиболее рационально, когда одновременно с огнезащитой конструкций требуется произвести их усиление, например, при реконструкции зданий. Кирпичную облицовку применяют для огнезащиты вертикально расположенных конструкций. Армирование огнезащитной облицовки из кирпича назначают с учетом усиления связи в углах кирпичной кладки. Диаметр стержней арматуры принимают не более 8 мм. При использовании облицовки из кирпича следует выполнять защиту металлоконструкций от коррозии. Армирование огнезащитного слоя бетона может быть разнообразным в зависимости от толщины слоя и требуемой степени усиления конструкции. Облицовки из бетона и кирпичной кладки обеспечивают максимально возможный предел огнестойкости, они устойчивы к атмосферным воздействиям и агрессивным средам. Но эти способы огнезащиты связаны с трудоемкими опалубочными и арматурными работами, малопроизводительны, значительно утяжеляют каркас здания и увеличивают сроки строительства. Кроме того, эти способы неприменимы для огнезащиты несущих конструкций перекрытий (фермы, балки) и связей по колоннам и фермам. Согласно рекомендациям ЦНИИСК им. Кучеренко, ориентировочные значения толщины огнезащитного слоя бетона, необходимого для обеспечения предела огнестойкости стальных конструкций от 0,75 до 2,5 ч., составляют от 20 до 60 мм [5].

Листовые и плитные облицовки и экраны. Для устройства облицовок металлических конструкций могут использоваться листовые и плитные теплоизоляционные материалы, например, гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, асбестоцементные и перлито-фосфогелиевые плиты, плиты на основе вспученного вермикулита. Для крепления листовых и плитных материалов к металлической конструкции приваривают крепежные элементы (стальные пластины, уголки, штыри). Устройство данного средства огнезащиты не требует очистки поверхности защищаемых конструкций от ранее нанесенных лакокрасочных покрытий. По данным [6], с помощью листовых и плитных облицовок обеспечивается предел огнестойкости до 2,5 часов. Листовые и плитные облицовки и экраны практически применимы для колонн, стоек и балок. Но для ферм перекрытия и связей применение этих средств огнезащиты нерационально. Так же ограничивают применение листовых и плитных облицовок значительный перерасход материала при

низком уровне требуемых пределов огнестойкости защищаемых конструкций и высокий уровень паропроницаемости.

Штукатурки использование цементно-песчаной штукатурки обусловлено такими преимуществами, как низкая стоимость материалов для приготовления состава, обеспечение значительного предела огнестойкости защищаемой конструкции (до 2,5 часов), устойчивость к атмосферным воздействиям. В то же время, данное средство огнезащиты имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение. К ним относятся: большая трудоемкость работ по нанесению покрытия из-за необходимости армирования стальной сеткой; увеличение нагрузок на фундаменты зданий за счет утяжеления каркаса; необходимость применения антикоррозионных составов. Кроме того, штукатурки не отвечают эстетическим требованиям и не могут быть нанесены на конструкции сложной конфигурации (фермы, связи и т.д.). Стремление снизить массу штукатурного покрытия привело к разработке легких штукатурок с содержанием асбеста, перлита, вермикулита, фосфатных соединений и других материалов. Однако снижение массы приводит к появлению недостатков, свойственных облегченным штукатуркам: снижение конструктивной прочности, недостаточная адгезия к покрываемой поверхности. Следует отметить, что штукатурные смеси на жидком стекле, извести и гипсе могут использоваться в помещениях с относительной влажностью не более 60 %.

Огнезащитные составы терморасширяющегося типа. Составы терморасширяющегося типа являются одним из перспективных направлений огнезащиты. Действие их основано на вспучивании нанесенного покрытия под воздействием высоких температур (170-250 °С) и образовании пористого теплоизолирующего слоя. При этом огнезащитное покрытие толщиной от 0,5 до 2 мм увеличивается в объеме в 10-40 раз и обеспечивает огнезащитную эффективность от 0,5 до 1,5 часа. Следует отметить, что нанесение огнезащитных составов производится на грунт, указанный в сертификате пожарной безопасности. Перед нанесением огнезащитных составов необходимо произвести очистку поверхности защищаемой конструкции от ранее нанесенных лакокрасочных покрытий, ржавчины, обезжирить и прогрунтовать. Вододисперсионные огнезащитные составы применяются для защиты металлических конструкций в закрытых помещениях с влажностью до 85 %. Допускается кратковременное воздействие на них распыленной воды. Помимо этого, существуют атмосфероустойчивые огнезащитные составы на органическом растворителе. Важно и то, что огнезащитные составы могут быть применены для огнезащиты металлических конструкций конфигурации любой сложности. Способы огнезащиты железобетонных конструкций. При нагреве бетон уменьшает свою жесткость и прочность. Кроме того, происходит его дегитратация, сопровождающаяся переносом массы пара. Бетон повышенной влажности испытывает взрывообразное разрушение при огневом воздействии. Повысить огнестойкость железобетонных конструкций до требуемых пределов можно двумя способами:

- увеличение толщины защитного слоя бетона;
- облицовка огнезащитными материалами, которые одновременно обладают и теплоизолирующими свойствами.

Рассмотрим основные способы огнезащиты бетонных и железобетонных конструкций.

Обетонирование – нанесение дополнительного слоя бетона приводит к увеличению веса, размера и прочности защищаемого элемента. Очевидно, предел огнестойкости при этом не может превышать максимально возможного предела огнестойкости для любых бетонных (железобетонных) конструкций – 150 минут. Для максимального увеличения прочности для обетонирования желательно использовать те же марки бетона, что и в основной конструкции, армировать наносимый слой бетона арматурной сеткой и соединять новые элементы арматуры со старыми. Этот способ огнезащиты бетона довольно трудоемкий. Его целесообразно применять для старых конструкций, которые из-за частичного разрушения поверхности вследствие коррозии бетона требуется укрепить. Существует альтернативный способ укрепления бетонных конструкций – армированные углеродными тканями на эпоксидном связующем, этот способ, в отличие от обетонирования, не приводит к значительному увеличению веса укрепляемой конструкции, но при этом потребуются не просто огнезащита бетона, а огнезащита углеродной ткани – нанесение другого огнезащитного покрытия с учетом низкой термоустойчивости такого армирования.

Нанесение тонкослойных огнезащитных составов (красок) является довольно простым видом огнезащиты бетонных (железобетонных) и других строительных конструкций. Работа с ними не требует специальной подготовки персонала, они практически не увеличивают вес защищаемых конструкций. При нагревании эти огнезащитные покрытия увеличиваются в объеме и создают плотный пористый слой со слабой теплопроводностью. Лучшие тонкослойные огнезащитные составы могут обеспечивать эффективность огнезащиты бетона до 150 минут. Нанесение штукатурных огнезащитных составов обеспечивает эффективность огнезащиты бетона до 240 минут. В условиях повышенных вибраций требуется армирование металлической сеткой. В некоторых случаях может оказаться критичным то, что покрытие, образованное штукатурным составом, имеет довольно большой вес.

Облицовка плитами или листами из огнезащитных материалов позволяет получить эффективность огнезащиты бетона до 360 минут. Такие плиты или листы делают с использованием наполнителей из вспучивающихся (перлит, вермикулит) или огнестойких материалов (керамзит), минеральных волокон (силикатных, базальтовых, диабазовых), волокон из других материалов (каолиновых, кремнеземистых, кварцевых). Существуют влагустойчивые огнезащитные плиты и листовые материалы. Некоторые из таких материалов имеют большой вес и, соответственно, их применение может привести к значительному увеличению веса защищаемой конструкции. Важным элементом этого способа огнезащиты бетона являются крепления огнезащитного материала, которые должны надежно удерживать материал не только в обычных условиях, но и при пожаре как минимум в течение требуемого времени огнезащитной эффективности для данной конструкции. Снижение прочности, деформация и разрушение элементов крепления при

нагревании может привести к отслоению плит или листов огнезащитного материала и появлению щелей между ними, в результате огонь проникнет к защищаемой поверхности. Разновидностью этого способа огнезащиты является обкладка кирпичом, но в настоящее время кирпич для этой цели применяется редко, т.к. уступает по огнезащитной эффективности плитам из современных материалов, специально разработанных для огнезащиты бетона и других поверхностей, и этот способ огнезащиты более трудоемкий по сравнению с другими. Если просчитать работу железобетонной конструкции при огневом воздействии, при необходимости увеличить диаметры арматуры и защитные слои, то можно обойтись без конструктивной огнезащиты. За последние десять лет произошло ужесточение нормативных требований к огнестойкости строительных конструкций и инженерных сетей.

Применение огнезащиты строительных конструкций, а также расчеты конструкций на огневое воздействие стали обязательными в большинстве случаев. Конструкции без огнезащиты деформируются и разрушаются под действием напряжений от внешних нагрузок и температуры. Огнезащита, блокирующая тепловой поток от огня к поверхности конструкций, позволяет сохранить их работоспособность в течение заданного времени. Выбор вида огнезащиты осуществляется с учетом режима эксплуатации объекта защиты и установленных сроков эксплуатации огнезащитного покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухамедгалиев Б.А. Горение и огнестойкость строительных конструкции. Журнал Пожаровзрывоопасность, №4, 2017 г. – с. 44-48.
2. Барботько С.Л., Воробьев С.Н. Горение деревянных конструкции. Сб. межд. НТК «Горение и снижение горючести полимерных материалов». Волгоград. 2016 г. – с. 56-59.
3. Климанов А.М. Огнестойкость зданий и сооружений. М. МИТХТ. 2017 г.
4. Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. М. – Химия. 2013 г. – с. 340.
5. Зубов В.П., Кириченко В.Д. Снижение горючести строительных конструкции. М. Химпром. 2009 г. – с. 290.
6. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Полимерные антипирены. Т., ТашГТУ, 1996 г. – с. 298.

АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИНЦИДЕНТОВ НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кайбичев И.А.

Уральский институт ГПС МЧС России

Ежегодная выработка электроэнергии в мире на атомных электростанциях составляет 15,54 %, на долю Российской Федерации приходится порядка 18,6 % мировой выработки. В связи с принятой ЕЭС программой уменьшения углеродных выбросов выработка электроэнергии на

атомных станциях может вырасти. При этом актуальной задачей становится обеспечение безопасности атомных электростанций [1]. Заметим, что среди чрезвычайных ситуаций, возникающих на атомных электростанциях преобладают инциденты. Поэтому актуален математический анализ количества инцидентов, возникающих на атомных станциях.

Выполним автокорреляционный анализ количества инцидентов, возникших на атомных электростанциях Российской Федерации [2-8] в период с 1992 по 2019 годы (Табл. 1).

Таблица 1. Количество инцидентов на атомных электростанциях в России

Год	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Кол-во	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Кол-во	0	0	0	2	0	0	0	7	0
Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Кол-во	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Год	2019								
Кол-во	1								

Коэффициент автокорреляции вычисляют по формуле [9]:

$$R(\tau) = \frac{1}{n-\tau} \sum_{k=1}^{n-\tau} [Y_k - \bar{Y}][Y_{k+\tau} - \bar{Y}] / \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [Y_k - \bar{Y}]^2 \quad (1)$$

Здесь $\tau = 1, 2, 3, \dots, n-2$ – так называемый лаг, n – объем выборки, \bar{Y} – среднее количество инцидентов, Y_k – фактическое количество инцидентов в году, k – порядковый номер года в выборке.

Автокорреляционный анализ (Табл. 2) показывает, что коэффициент автокорреляции по модулю превышает 0,5 при лаге $\tau = 16$ и при $\tau = 24$.

Таблица 2. Коэффициент автокорреляции.

τ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R(\tau)$	-0,09	-0,10	-0,09	0,19	-0,10	-0,11	0,03	-0,12	-0,13
τ	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$R(\tau)$	0,01	0,04	-0,02	-0,14	-0,01	-0,02	0,97	-0,19	-0,22
τ	19	20	21	22	23	24	25	26	
$R(\tau)$	-0,25	-0,29	-0,35	-0,45	0,41	-0,58	-0,14	0,01	

Следовательно, можно сделать вывод о том, что на значения показателя текущего года будут оказывать влияние результаты 16 и 24 летней давности.

В литературе известны волны (циклы) Кондратьева, состоящие в существовании 48-55 летних периодов подъемов и спадов мировой экономики [10]. В нашем случае доступен для анализа эмпирический материал с объемом 28 лет. В результате исследования данных по количеству инцидентов на атомных электростанциях обнаружены аналоги волн Кондратьева 16 и 24 летнего периода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахметьев, А.М. Основы безопасности ядерных энергетических установок / А.М. Бахметьев. – Учебное пособие; под. ред. С.М. Дмитриева. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2006. – 174 с.
2. Аварийные ситуации на АЭС в США, России и в странах западной Европы за период 1972–1982 годы / С.А. Титов [и др.]: сб. статей по материалам XVI Междунар. науч.-практ. конф. 2020. – с. 256–258.
3. Соловьев, С.П. Аварии и инциденты на атомных электростанциях: учеб. пособие / С.П. Соловьев. – Обнинск: ИАТЭ, 1992. – 198 с.
4. Калинин, Б.А. Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики: учеб. пособие / Б.А. Калинин, В.И. Польский, В.Л. Якушин, И.И. Чернов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 184 с.
5. МАГАТЭ. Авария на АЭС «Фукусима-Дайити»: доклад Генерального директора. Австрия, Вена, 2015. – с. 14–127.
6. Алексахин, Р.М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.]; под общ. ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. – М.: ИздАТ, 2001. – 752 с.
7. Пристер, Б.С. Проблемы безопасности атомной энергетики. Уроки Чернобыля: монография / Б.С. Пристер [и др.]. – Чернобыль: Институт проблем безопасности атомных электростанций, 2016. – 198 с.
8. Титов, С.А. Аварийные ситуации, произошедшие на атомных электростанциях в период с 1992 по 2019 год / С.А. Титов, Н.М. Барбин, А.М. Кобелев // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты), 2021, № 3 (39). – с. 7-13.
9. Бирюкова, Л.Г. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / Л.Г. Бирюкова, Г.И. Бобрик, В.И. Матвеев. – 2-е изд. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. – 289 с.
10. Кондратьев, Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения / Н.Д. Кондратьев. – М.: Экономика, 2002. – 767 с.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ГУ МЧС РОССИИ ПО МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Кайбичев И.А., Евдокимова А.С.

Уральский институт ГПС МЧС России

Оценка деятельности является важным моментом для любой организации [1-4]. По итогам оценки принимаются управленческие и кадровые решения.

К данному моменту времени разработаны методики оценки деятельности пожарного надзора [5,6], пожарных расчетов [7-9], хозяйственной деятельности [10,11]. Методика оценки деятельности регионального управления МЧС России предложена в работах [12,13]. Рассмотрим возможность ее применения на примере Главного управления МЧС России по Московской области.

Деятельность ГУ МЧС по Московской области характеризуется показателями: X1 – количество пожаров (ед.), X2 – прямой материальный ущерб (тыс. руб.) и X3 – количество смертей (чел.). В качестве базы оценки выбираем временной период в 5 лет [12,13]. С показателями данного временного периода будем сравнивать значения для текущего года.

Процедура оценки [12,13] состоит из двух этапов. На первом этапе на основании базы оценки для каждого из показателей (X1, X2, X3) находим минимальное и максимальное значения (Табл. 1-14). На втором этапе значения показателей оцениваемого года сравнивали с максимальным и минимальным значениями, определенными по базе оценки.

Если значение показателя для оцениваемого года превышает или равно максимуму, то считаем результат $R_i = 0$. В случае, когда значение показателя для оцениваемого года меньше или равно минимуму, $R_i = 1$.

Если значение показателя для оцениваемого года находится в промежутке между минимумом и максимумом результат рассчитываем по формуле

$$R_i = \frac{X_{\max} - X}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

здесь X – значение показателя для оцениваемого года, X_{\min} – минимальное значение показателя, X_{\max} – максимальное значение показателя. При этом значение R_i попадает в диапазон между 0 и 1.

Общий результат можно найти как среднее значение по всем показателям

$$R = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 R_i \quad (2)$$

Здесь R_i – значение результата для одного из рассматриваемых показателей.

Таблица 1 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2019 год.

Год	2014	2015	2016	2017	2018	Мин	Макс	2019	R_i
X1	7878	7585	3518	6552	6426	3518	7878	27666	0,00
X2	2254600	1692744	698486	2399608	911738	698486	2399608	1114364	0,76
X3	503	439	239	352	339	239	503	417	0,33
R									0,36

Таблица 2 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2018 год.

Год	2013	2014	2015	2016	2017	Мин	Макс	2018	R_i
X1	7902	7878	7585	3518	6552	3518	7902	6426	0,34
X2	1089171	2254600	1692744	698486	2399608	698486	2399608	911738	0,87
X3	479	503	439	239	352	239	503	339	0,62
R									0,61

Таблица 3 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2017 год.

Год	2012	2013	2014	2015	2016	Мин	Макс	2017	R_i
X1	8286	7902	7878	7585	3518	3518	8286	6552	0,36
X2	1415853	1089171	2254600	1692744	698486	698486	2254600	2399608	0,00
X3	532	479	503	439	239	239	532	352	0,61
R									0,33

Таблица 4 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2016 год.

Год	2011	2012	2013	2014	2015	Мин	Макс	2016	R _i
X1	9164	8286	7902	7878	7585	7585	9164	3518	1,00
X2	5228967	1415853	1089171	2254600	1692744	1089171	5228967	698486	1,00
X3	562	532	479	503	439	439	562	239	1,00
R									1,00

Таблица 5 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2015 год.

Год	2010	2011	2012	2013	2014	Мин	Макс	2015	R _i
X1	9933	9164	8286	7902	7878	7878	9933	7585	1,00
X2	1426622	5228967	1415853	1089171	2254600	1089171	5228967	1692744	0,85
X3	646	562	532	479	503	479	646	439	1,00
R									0,95

Таблица 6 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2014 год.

Год	2009	2010	2011	2012	2013	Мин	Макс	2014	R _i
X1	10302	9933	9164	8286	7902	7902	10302	7878	1,00
X2	1552353	1426622	5228967	1415853	1089171	1089171	5228967	2254600	0,72
X3	715	646	562	532	479	479	715	503	0,90
R									0,87

Таблица 7 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2013 год.

Год	2008	2009	2010	2011	2012	Мин	Макс	2013	R _i
X1	9710	10302	9933	9164	8286	8286	10302	7902	1,00
X2	806417	1552353	1426622	5228967	1415853	806417	5228967	1089171	1,00
X3	781	715	646	562	532	532	781	479	1,00
R									1,00

Таблица 8 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2012 год.

Год	2007	2008	2009	2010	2011	Мин	Макс	2012	R _i
X1	10179	9710	10302	9933	9164	9164	10302	8286	1,00
X2	961733	806417	1552353	1426622	5228967	806417	5228967	1415853	1,00
X3	861	781	715	646	562	562	861	532	1,00
R									1,00

Таблица 9 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2011 год.

Год	2006	2007	2008	2009	2010	Мин	Макс	2011	R _i
X1	10695	10179	9710	10302	9933	9710	10695	9164	1,00
X2	1977151	961733	806417	1552353	1426622	806417	1977151	5228967	0,00
X3	912	861	781	715	646	646	912	562	1,00
R									0,67

Таблица 10 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2010 год.

Год	2005	2006	2007	2008	2009	Мин	Макс	2010	R _i
X1	11011	10695	10179	9710	10302	9710	11011	9933	0,83
X2	600449	1977151	961733	806417	1552353	600449	1977151	1426622	0,40
X3	956	912	861	781	715	715	956	646	1,00
R									0,74

Таблица 11 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2009 год.

Год	2004	2005	2006	2007	2008	Мин	Макс	2009	R _i
X1	11133	11011	10695	10179	9710	9710	11133	10302	0,58
X2	508570	600449	1977151	961733	806417	508570	1977151	1552353	0,29
X3	1004	956	912	861	781	781	1004	715	1,00
R									0,62

Таблица 12 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2008 год.

Год	2003	2004	2005	2006	2007	Мин	Макс	2008	R _i
X1	11076	11133	11011	10695	10179	10179	11133	9710	1,00
X2	393506	508570	600449	1977151	961733	393506	1977151	806417	1,00
X3	980	1004	956	912	861	861	1004	781	1,00
R									1,00

Таблица 13 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2007 год.

Год	2002	2003	2004	2005	2006	Мин	Макс	2007	R _i
X1	13310	11076	11133	11011	10695	10695	13310	10179	1,00
X2	407454	393506	508570	600449	1977151	393506	1977151	961733	0,64
X3	1077	980	1004	956	912	912	1077	861	1,00
R									0,88

Таблица 14 Результат деятельности ГУ МЧС России по Московской области за 2006 год.

Год	2001	2002	2003	2004	2005	Мин	Макс	2006	R _i
X1	10055	13310	11076	11133	11011	10055	13310	10695	0,80
X2	318951	407454	393506	508570	600449	318951	600449	1977151	0,00
X3	958	1077	980	1004	956	956	1077	912	1,00
R									0,60

Оценка результатов для 2006-2019 годов (Рис. 1) позволяет сделать выводы:

Величины R изменялась в диапазоне от 0,33 до 1,00 (Рис. 1).

Минимальное значение $R_{\text{мин}} = 0,33$ наблюдали в 2017 году, максимальное значение $R_{\text{макс}} = 1,00$ – в 2008, 2012, 2013, 2016 годах. Разброс составил $R' = 0,67$.

Среднее значение $R_{\text{ср}} = 0,76$. Дисперсия $D = 0,05$. Стандартное отклонение $S = 0,23$.

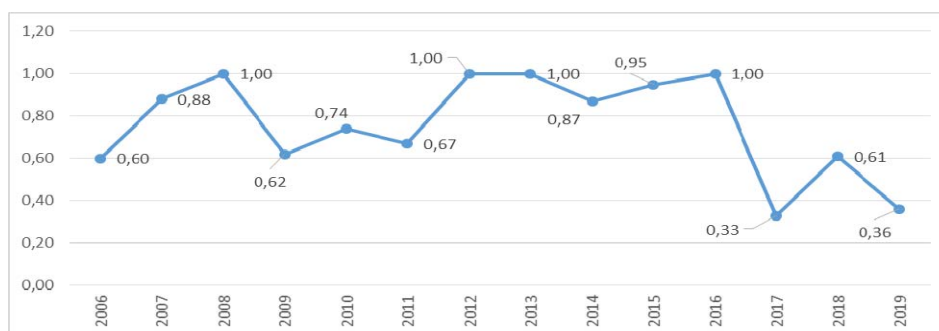


Рис. 1. Результат оценки деятельности ГУ МЧС России по Московской области

Превышение значений R над $R_{\text{ср}}$ имели в 2007, 2008, 2012 – 2016 годах. Значения R ниже $R_{\text{ср}}$ наблюдали в 2006, 2009 – 2011, 2017 – 2019 годах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barnard C.I. The Functions of the Executive (Thirtieth Anniversary Edition). – Cambridge, MA: Harvard University Press. 1968. – 384 p.
2. Fayol H. Industrial and General Administration. – London: Sir Isaac Pitman And Sons, 1949. – 148 p.
3. Ingraham P.W. The Half-Century's Great Books in Public Administration / Public Administration Review, 1990, V. 50 (2). – p. 249-264.
4. Mayo E. The Human Problems of Industrial Civilization. – New York: Macmillan, 1933. – 171 p.
5. Об утверждении показателей результативности и эффективности деятельности надзорных органов МЧС России: нормативно-правовой акт МЧС России от 18.12.2017 г. № 576.
6. Основные направления разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности КНД: Распоряжение Правительства РФ от 17.05.2016 г. № 934-р.
7. Максимов, А.В. Система поддержки принятия решений по управлению ресурсами гарнизона пожарной охраны: дисс. канд. техн. наук. / А.В. Максимов – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – 163 с.
8. Матвеев, А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны / А.В. Матвеев, А.В. Максимов, А.А. Крупкин // Научный электронный журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России», vestnik.igps.ru. – 2015. – № 4. – с. 30-34.
9. Панов С.А. Комплексная оценка эффективности деятельности оперативных пожарных подразделений Федеральной противопожарной службы: дисс. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2007. – 209 с.
10. Артамонов В.С. Экономическая оценка эффективности ресурсного обеспечения в области пожарной безопасности: учеб. пособие (часть 1) / В.С. Артамонов, А.В. Фомин, А.В. Иванов и др. – СПб: СПб Институт ГПС МЧС России, 2002. – 234 с.
11. Бруевич Д.Е. Повышения эффективности хозяйственной деятельности подразделений МЧС путем совершенствования методов управления их ресурсами/ Д.Е. Бруевич, Б.П. Анисимов, Ю.В. Парышев // Вестник СПб ИГПС. – 2006. – №11.– с.15–20.
12. Кайбичев И.А. Ретроспектива результатов ГУ МЧС России по Красноярскому краю // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, 28 мая 2021 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – с. 81-87.
13. Вербицкая С.С., Кайбичев И.А. Ретроспектива результатов ГУ МЧС России по Республике Алтай // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, 28 мая 2021 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – с. 53-59.

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Камалов Ж.К., Мухамедгалиев Б.А.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Широкое применение лакокрасочных материалов соответствует развитию научно-технического прогресса, но вместе с тем оно обнаруживает и свою негативную сторону, состоящую в повышенной пожарной опасности. Развитие современного градостроительства способствует большой концентрации людей и горючих материалов на малых площадях в вертикальной структуре, при этом создаются условия для быстрого развития пожаров [1-2].

Горючесть лакокрасочных и отделочных материалов становится важной и социальной проблемой, причем подавляющее большинство пожаров происходит от малокалорийных источников зажигания, из-за неисправности электроприборов или нарушения правил пользования ими, из-за незатушенных сигарет и др. В таких условиях огнезащищенные лакокрасочные и отделочные материалы могли бы успешно противостоять зажиганию или локализовать возникший пожар.

Для этой цели были проведены исследования по разработке огнестойких лакокрасочных материалов [3-4]. Композиции лакокрасочных материалов на основе пленкообразующего продукта – хлорполиацетилена получали растворением последнего в среде органических растворителей при температурах 333-343К. При получении лака применяли растворитель Р-4 (состоящий из смеси бутилацетата, ацетона и толуола) и модификатор – фосфорсодержащий полимер, синтезированный на основе взаимодействия трифенилфосфина и пропаргилбромиды. Смесь компонентов растворяли в емкости, снабженной мешалкой, при температуре около 323К в течение 2 часов до получения однородной массы.

Опытно-промышленные испытания лакокрасочных композиций проведены на АП "Тошкент лок-буёк заводи". Были испытаны основные физико-химические показатели полученных лаков и исследована зависимость их свойств от различных факторов. Полученные результаты исследования по изучению физико-химических свойств синтезированных лаков приведены в таблице.

Исходя из полученных результатов разработан технологический регламент производства огнестойких лакокрасочных материалов на основе хлорполиацетилена, который состоит из следующих стадий-растворение хлорированного полиацетилена (лак), модифицирование и далее пигментирование полученных лаков (эмаль) рисунка. Растворение хлорполиацетилена производится в реакторе (поз.1), в который через мерники (поз. 2,3,4) загружают растворитель, а также одновременно хлорполиацетилен из бункера-дозатора (поз. 5).

Смесь перемешивается мешалкой и нагревается горячей водой, подаваемой в рубашку реактора. Процесс ведется до полного растворения, после

чего из бункера-дозатора (поз. б) загружают фосфорсодержащий полимер, полученный на основе взаимодействия пропаргилбромида с трифенилфосфином. Выделяющиеся пары растворителя через холодильник (поз. 11) поступает обратно в реактор (поз.1). Выделяющиеся пары растворителя через холодильник (поз. 11) поступает обратно в реактор (поз. 1).

Таблица. Физико-химические показатели модифицированных лаковых композиций.

Наименование показателей	Требования по ГОСТу	Содержание фосфорсодержащего полимера, %, (по массе)			
		-	0,5	1,0	3,0
Цвет по йодометрической шкале, усл.ед	30	30	35	40	40
Вязкость по вискозиметру ВЗ-4 при 20°С	27-75	26	29	36	41
Продолжительность высыхания пленки, ч, не более при 293К	4	4	1,8	1,5	1,0
Массовая доля нелетучих веществ, %	16-21	16-21	16	17,6	19
Твердость покрытия по маятниковому прибору, усл. един, не менее	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
Прочность пленки при ударе по прибору У-1, см. не менее	30	18	24	29	41
Адгезия покрытия, балл, не менее	2	2	2	3	4
Скорость возгорания, сек.	-	16	29	46	68
Огнестойкость (кислород. индекс, %)	-	18	20	24	26

Общая продолжительность полного растворения и смешения 2-3 часа. После завершения процесса растворения смесь охлаждается до температуры 298К.

Полученный лак может быть подан на затаривание или же на дальнейшее использование с целью получения краски. При получении эмали лак самотеком через фильтр (поз. 7) сливается в промежуточную емкость (поз. 8), откуда поступает с помощью дозировочного насоса (поз. 9) в дисольвер (поз. 10), а также подают наполнитель и пигмент из бункера-дозатора (поз. 12,13).

Композиция перемешивается до получения однородной массы и определяется степень перетира. Общая продолжительность перемешивания составляет 1-2 часа. После окончания перемешивания композиция самотеком через фильтр (поз. 14) сливается в промежуточную емкость (поз.15) и упаковывается.

Разработанная технология модифицирования лакокрасочных материалов были испытаны в промышленных условиях на АП "Тошкент лок-буёк заводи" и выдан соответствующий технологический регламент на производство огнестойких лакокрасочных материалов.

Разработанная технология производства огнестойких лакокрасочных материалов, внедрена на частном предприятии «Х.Рахимов» (дочернее

предприятие фирмы «Грифон» (Финляндия)), экономический эффект которой составляет 807752 сум в год по ценам на 2020 год.

Таким образом, добавление в состав лаковых композиции на основе хлорполиацетилена фосфониевого полимера приводит не только к повышению огнестойкости отвержденной композиции, но и других прикладных свойств готового материала.

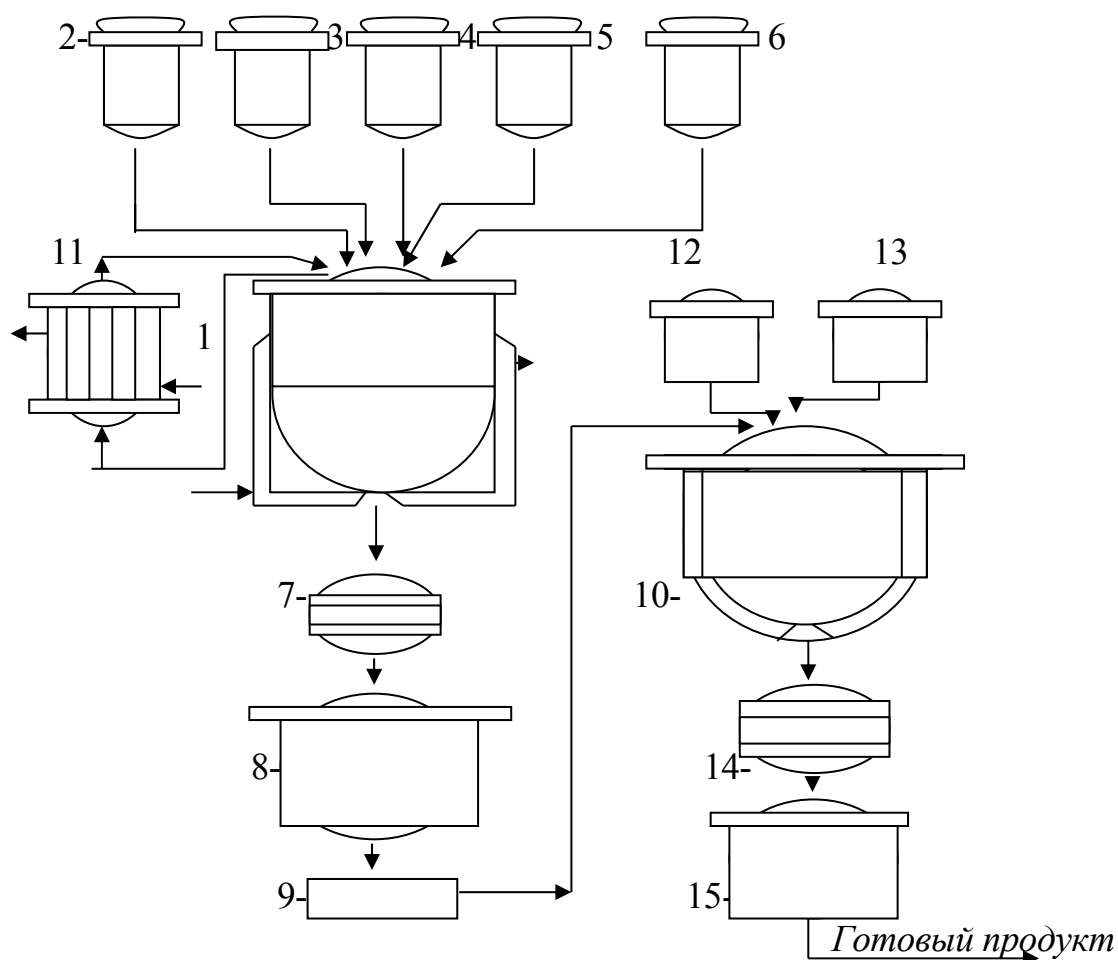


Рис. Принципиальная технологическая схема производства огнестойких лакокрасочных материалов. 1, 10 – реакторы, 2, 3, 4, 5, 6 – мерники, 12, 13, –бункеры, 7, 14 – фильтры, 8, 15 – промежуточные емкости, 9 – насос, 11 – холодильник

ЛИТЕРАТУРА

1. Карякина Н.А. Лакокрасочные материалы. М. Химия. 2018 г. – с. 389.
2. Хозин А.Д. Применение олигомеров в производстве лакокрасочных материалов. М. Наука. 2014 г. – с. 246.
3. Мухамедгалиев Б.А. Разработка полимерных антипиренов. Ташкент. ТАСИ, 2021 г.с.190.
4. Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У. Полимерные антипирены. Ташкент. ТАСИ. 2020 г. – с. 220.

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ

Камалов Ж.К., Мухамедгалиев Б.А.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Широкое применение полимерных материалов, пластмасс, резин и лакокрасочных материалов соответствует развитию научно-технического прогресса, но вместе с тем оно обнаруживает и свою негативную сторону, состоящую в повышенной пожарной опасности и низкой термостойкости. Развитие современного градостроительства способствует большой концентрации людей и горючих материалов на малых площадях в вертикальной структуре, при этом создаются условия для быстрого развития пожаров [1-2].

Горючесть и низкая термостойкость полимерных и отделочных материалов становится важной и социальной проблемой, причем подавляющее большинство пожаров происходит от малокалорийных источников зажигания, из-за неисправности электроприборов или нарушения правил пользования ими, из-за не затушенных сигарет и др. В таких условиях термостойкие и огнезащищенные полимерные материалы могли бы успешно противостоять зажиганию или локализовать возникший пожар.

В свете вышесказанного, проблеме модификации и стабилизации полимеров уделяется большое внимание [3].

Из литературы [4] известно, что для стабилизации поливинилхлорида и полипропилена используются различные вещества, в том числе эпоксидные и фосфорсодержащие соединения. Эпоксидные соединения сочетают две важнейшие функции, являясь одновременно эффективными химическими стабилизаторами и пластификаторами для поливинилхлорида и полипропилена. Фосфорсодержащие соединения, главным образом, органические производные Р(III), широко используются в качестве стабилизаторов ПВХ и ПП в различных композициях. Их эффективность обусловлена высокой реакционной способностью атома фосфора благодаря наличию у него неподеленной пары электронов и незаполненных *d*-орбиталей. В связи с этим для фосфинов характерны реакции как с электрофильными реагентами, в которых они проявляют донорные свойства, так и нуклеофильными, в которых они выступают в качестве акцепторов электронов.

Учитывая вышеизложенное, представляет интерес исследовать синтезированный полимер (ФСП-1) на основе взаимодействия трифенилфосфина (ТФФ) и метакрилоилхлорида (МАХ) в качестве стабилизатора при термоокислительной деструкции поливинилхлорида и полипропилена.

Исследование термических свойств, стабилизированных и нестабилизированных образцов поливинилхлорида (марка С-70) и полипропилена (ПП средней степени кристалличности, молекулярная масса 100000) проводили методом динамического-термогравиметрического анализа на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей, со скоростью нагрева 5° /мин.

По данным термогравиметрического анализа, начало деструкции поливинилхлорида (ПВХ) и полипропилена (ПП), стабилизированных

фосфорсодержащим полимером, сдвигается в область более высоких температур по сравнению с нестабилизированными образцами. Увеличение количества полимерного стабилизатора до 1% уменьшает потерю массы до 23% в случае стабилизированного ПВХ, и до 17% – в случае стабилизированного ПП. Такое резкое уменьшение потери массы объясняется равномерным распределением высокомолекулярного стабилизатора по всей длине макромолекулы защищаемого полимера и неспособностью к миграции на поверхность материала. Кроме того, достижение такого эффекта при применении фосфорсодержащего полимерного стабилизатора не требует введения дополнительных добавок, которое обычно необходимо при стабилизации промышленных полимеров низкомолекулярными фосфорсодержащими соединениями, а также введения дополнительных ингибиторов горения для улучшения огнестойкости полимерных композиций.

Ингибирование высокомолекулярным фосфорсодержащим стабилизатором термоокислительной деструкции ПВХ и ПП, в первую очередь, протекает за счет обрыва кинетических цепей окисления (главным образом, обменных реакций с активными радикалами и образованием при этом менее активных) и без радикального восстановления гидроперекисей.

Известно [6], что алифатические фосфорсодержащие соединения взаимодействуют с гидроперекисями со значительно большими скоростями, чем ароматические, тем не менее, наиболее эффективными ингибиторами окисления являются ароматические фосфены, особенно алкилированные в ядро. Эта их способность обусловлена, по-видимому, крайней неустойчивостью промежуточных фосфорильных радикалов, образующихся при взаимодействии полимерного фосфорсодержащего стабилизатора со свободными алкоксирадикалами, которые распадаются с образованием уже более устойчивых вторичных феноксильных радикалов – сильных агентов обрыва цепей.

Наличие ароматических заместителей (фенильные группировки) повышает эффективность ингибирования окисления промышленных полимеров.

Термогравиметрический анализ образцов показал, что при использовании 1 масс.ч. фосфорсодержащего полимера скорость деструкции ПВХ снижается в 5 и 2 раза по сравнению со скоростью деструкции ПВХ, стабилизированного стеаратом кальция и смесью трифенилфосфина со стеаратом кальция соответственно. Было проведено исследование температуры воспламенения и скорости возгорания полимерных композиций на основе смолы ЭД-20, полиметилметакрилата (ПММА), в присутствии синтезированных нами антипиренов. Установлено, что полимерные антипирены способствуют увеличению температуры воспламенения композиции и уменьшению скорости возгорания. Не модифицированная эпоксидная смола в отличие от огнезащищенной воспламеняется при температуре 636К (огнезащищенная свыше 673К), и анализом газов термолиза установлено, что летучими основными продуктами ее горения являются СО и СО₂, в продуктах сгорания находятся также следы муравьиной кислоты и другие вещества.

Образцы из стандартной смолы ЭД-20 при поджигании моментально воспламеняются и горят ярким пламенем. Стандартный ПММА легко

воспламеняется, горит ярким пламенем с выделением CO, CO₂, и образованием мономера. При пиролизе ПММА вплоть до 1073К основным продуктом является мономер. Установлено увеличение выхода воды из модифицированных полимеров. Однако из смесей фактический выход воды несколько меньше рассчитанных значений, что, видимо, связано с повышением температуры начало деструкции. Особенно заметно он отличается для смеси ЭД-20+ФСП-1. Немодифицированный АБС – пластик – легко возгорается, на первой стадии горения плавится, температура воспламенения колеблется в пределах 627-673 К, горит коптящим желтым пламенем.

В результате горения огнезащищенных образцов ПММА и АБС-пластика образуется нелетучий, негорючий коксовый остаток, который препятствует как попаданию летучих продуктов разложения в зону пламени, так и проникновению тепла от пламени, что предотвращает дальнейшее разложение материала. С увеличением фосфорсодержащего антипирена в композиции увеличивается слой карбонизованного остатка, подавляющего дальнейшее горение полимеров.

Исследование топографии наружных и внутренних слоев, образованных пенококсов осуществляли на атомно-силовом микроскопе в лаборатории университета КЕИО (Япония). Отмечены различия в топографии исследуемых образцов. При этом установлено, что среднеквадратичная шероховатость наружной поверхности для образца ЭД-20+ФСП-1 составляет 9,769 нм, а аналогичный параметр для образца ЭД-20+трихлорид сурьмы составляет 0,015 нм. Установлено, что из-за пористости карбонизованного слоя вследствие капиллярных сил он служит путепроводом для подъема жидких продуктов деструкции и расплавов полимеров на его поверхность.

Выгорание огнезащищенных образцов смолы ЭД-20, в отличие от стандартного, сопровождалось сажевыделением, которое по визуальному наблюдению увеличивалось с ростом содержания полимерного антипирена. Пламя, образующееся вокруг огнезащищенных образцов ЭД-20, по сравнению со стандартным более оптически плотное, ярко-желтого цвета, что также может быть следствием сажеобразования.

Высокую эффективность ингибирования процесса горения полимерных антипиренов можно объяснить тем, что фосфорсодержащие антипирены стремятся перейти в устойчивое состояние окислов и кислот при действии на них высоких температур и окислителя. При термическом воздействии на огнезащищенные образцы ПММА и АБС-пластика образование кислот протекает легче, чем у огнезащищенной смолы ЭД-20, т.е., чем длиннее алифатическая цепь, тем вероятнее разрушение связи О-С в группе Р-О-С.

По всей вероятности, при горении огнезащищенных образцов полимеров проявляется фосфор-галоидный синергизм, что также имеет немаловажное значение при ингибировании горения материалов.

Полученные экспериментальные данные, свидетельствующие о высокой активности синтезированного фосфорсодержащего полимера, по-видимому, объясняются более высокой термостабильностью полимерного стабилизатора по сравнению с низкомолекулярными аналогами. Итак, в реальных условиях многообразии промежуточных реагентов, возникающих при

термоокислительной деструкции ПВХ, обуславливает для полимерного фосфониевого полимера множественность и разнотипность механизмов реакции, ответственных за стабилизацию ПВХ, с преобладанием, пожалуй, взаимодействия фосфониевого полимера с карбонилаллильными группировками. На основе полученных результатов, полученные новые полимерный антипирен можно рекомендовать как эффективный антипирен и термостабилизатор для промышленных полимеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фойгт Н.А. Стабилизация полимеров против действия света и тепла. – М.: Химия, 1998. – с. 326.
2. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Полимерные антипирены. Ташкент, ТГТУ, 1996 г. – с. 278.
3. Gyorgy J., Marosi D. Flame Retarded Polymers systems of controlled interphase // 6-International Symposium on Polymers for Advanced Technologies. Eilat, Israel. 2-6 September, 2002j. – Israel. – p.55-56.
4. Хардин А.П., Тужиков О.И. Проблемы горения полимерных материалов // Тез.докл. 3- Всесоюз.научно-технич.конферен. по горению. – Волгоград, 2018. – с.160.
5. Петрина Н.А. Взаимодействие аминфосфинов и третичных фосфинов (фосфитов) с электрофильными реагентами и антиокислительная активность полученных солей. Автореф. ... дисс. канд. хим. наук. – М.: МГУ, 2018. – с.22.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Колбасин А.А., Солоненко А.М., Иощенко Д.А.

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Безопасность энергетической отрасли главная задача любого государства. Любые происшествия случающиеся на объектах энергетики наносят большой экономический ущерб и могут привести к травмам или гибели людей. К таким происшествиям можно отнести пожары и аварии.

Пожары, которые возникают на объектах энергетики, наносят огромный ущерб экономики нашей страны. Потому что, в современном обществе все завязано на электричестве, остановка бесперебойной подачи электроэнергии даже на короткое время в пределах одного региона наносит большой ущерб по государству, компаниям, частным предпринимателям и рядовым гражданам страны.

Анализ статистики пожаров в Российской Федерации с 2010 по 2020 гг., приведенный в таблице, показал ежегодный рост материального ущерба от пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования, который ежегодно возрастает и в среднем составляет 38,68% от общего ущерба всех пожаров[2].

Материальный ущерб, который наносят пожары по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования превышает ущерб от других причин пожаров и занимает первое место в Российской Федерации.

К сожалению, статистика пожаров в Республике Беларусь, не рассматривает причины и материальный ущерб, но предположительно количество и материальный ущерб от пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования схож с ситуацией в Российской Федерации и так же занимает лидирующие позиции относительно других причин.

Таблица. Прямой материальный ущерб от пожаров по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования.

Годы	Прямой материальный ущерб от пожаров по причине нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования, тыс. руб.	Прямой материальный ущерб от всех пожаров, тыс. руб.	% от прямого материального ущерба от пожаров
2010	5863169	14565008	40,26
2011	4534836	18199471	24,92
2012	5366722	15693390	34,20
2013	4523022	14885340	30,39
2014	6517358	18246565	35,72
2015	8073903	22461847	35,94
2016	5435092	13418423	40,50
2017	5468025	13767378	39,72
2018	6245827	15517156	40,25
2019	7290548	18170365	40,12
2020	13250190	20876301	63,47

Одним из примеров крупных аварий на объекте является авария, которая произошла 22 августа 2016 года на Рефтинской ГРЭС из-за разрушения конденсатора связи ВЛ 220 кВ Анна – Рефтинская ГРЭС с выбросом масла и возгоранием отключилась секция шин 220 кВ. [25] Станция снизила вырабатываемую мощность с 2295 МВт до нуля. В результате срабатывания технологических защит произошли каскадные отключения в Единой Энергетической системе России. Крупных промышленных потребителей Урала и Сибири, в том числе "Томскнефтехима" СИБУРа и ЛУКОЙЛ, а также бытовые потребители Республики Бурятии, Алтайского и Забайкальского краев, Новосибирской, Кемеровской и Омской областей (около 607 900 человек) остались без электричества на несколько часов. Суммарная мощность отключенных потребителей составила 1437 МВт. Чтобы уравновесить энергосистему, была включена резервная генерация в том числе в европейской части России и на юге страны, часть дефицита закрывали даже поставки из Азербайджана[4].

23.06.2021 На одной из крупнейших электростанций в Белоруссии, Лукомльской ГРЭС в Витебской области, произошел пожар. По данным ведомства, загорелась одна из секций трансформаторной подстанции.

Из-за пожара на Лукомльской ГРЭС было нарушено электроснабжение населенных пунктов в Могилевской и Витебской областях, сообщается

в Telegram Министерства энергетики республики. «Отключены восемь энергоблоков ГРЭС и все выходные линии 330 кВ», заявили в ведомстве[5].

Особенностями при тушении пожаров на объектах энергетики является: сложная и индивидуальная планировка зданий, большая площадь, высокая горючая нагрузка, возможность поражения людей электрическим током. В связи с этим эффективнее и безопаснее применять автоматические установки пожаротушения, но их применение ограничено нормативно правовыми актами РФ.

В данный момент в Российской Федерации применение автоматических средств пожаротушения регламентировано СП 485.1311500.2020, в котором присутствуют ограничения по применению автоматических средств пожаротушения при тушении возгораний электрооборудования под напряжением.

Согласно СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»: для помещений, в которых имеется оборудование с открытыми неизолированными токоведущими частями, находящимися под напряжением, следует предусматривать подачу огнетушащего вещества при срабатывании АУП после отключения электроэнергии.

Допускается подача огнетушащего вещества при срабатывании АУП для тушения оборудования с открытыми неизолированными токоведущими частями, находящимися под напряжением без отключения электроэнергии, если в проектной документации приведены мероприятия, исключающие поражение электрическим током персонала объекта[1].

Так же был проведен анализ Строительных норм Республики Беларусь, в СН 2.02.03-2019 «Пожарная автоматика зданий и сооружений» указано, что тушение электрооборудования под напряжением при помощи автоматических установок пожаротушения водой, пеной низкой и средней кратности ограничено требованием об обесточивании: Иное электрооборудование в таких помещениях (кроме установленного в шкафы со степенью защиты оболочки от проникновения воды не ниже 4 по ГОСТ 14254) должно иметь степень защиты оболочки от проникновения воды не ниже 4 по ГОСТ 14254, либо следует предусматривать автоматическое отключение электроэнергии для питания указанного электрооборудования до момента подачи ОТВ на очаг пожара, либо такие электроустановки должны быть оборудованы устройствами защитного отключения[3].

Требования нормативных документов в Российской Федерации и Республике Беларусь похожи, видна общая проблема в необходимости обесточивания помещений, в которых происходит горение электрооборудования под напряжением, для последующего тушения пожара.

Возникает вопрос, если отсутствуют люди в помещении, в котором произошло возгорание электрооборудования, необходимо ли затрачивать время на обесточивание? Чем позже будет подано огнетушащее вещество в очаг пожара, тем больше будет ущерб от пожара.

Из всего выше сказанного следует, что необходимо провести исследования в области безопасного применения автоматических установок пожаротушения при тушении электрооборудования под напряжением на

объектах энергетики. Проанализировать международные стандарты, нормативно-правовые акты зарубежных стран в области применения автоматических средств пожаротушения при тушении пожаров класса Е. Разработать стенд, который позволит оценить применимость, безопасность и эффективность использований различных видов автоматических средств пожаротушения при тушении электрооборудования под напряжением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЧС России от 31.08.2020 N 628 "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования" [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363050 (дата обращения: 03.10.2021).
2. Пожары и пожарная безопасность в 2020г.: Статистический сборник/ под общей редакцией Д.М. Гордиенко, – М.: ВНИИПО, 2020. – 80 с.
3. СН 2.02.03-2019 «Пожарная автоматика зданий и сооружений».
4. Выводы о причинах аварии на Рефтинской ГРЭС делать преждевременно// tass.ru: интернет-издание. Режим доступа: <https://tass.ru/proisshestviya/3560623#:~:text=По%20данным%20Минэнерго%20РФ%2C%2022,бытовых%20потребителей%20мощностью%20342%20МВт>.
5. Часть Белоруссии осталась без света после пожара на Лукомльской ГРЭС// rbc.ru: интернет-издание. Режим доступа: <https://www.rbc.ru/society/23/06/2021/60d38d4b9a7947617469e2ad>.

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА СКЛАДАХ БОЕПРИПАСОВ И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Куликов С.В.

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

Пожары на объектах с хранением взрывчатых веществ и материалов, боеприпасов сопровождаются взрывами, интенсивным горением и воздействием его на строительные конструкции, ведущие к обрушению, разлетом осколков, возможностью возникновения новых очагов пожара. Обеспечение безопасности и сохранения жизни сотрудников на данных объектах, а также жителей ближайших населенных пунктов, требует кардинальных изменений подходов к вопросам, связанным с организацией проведения разведки, ликвидации пожаров и последствий аварий, в части применения беспилотных летательных аппаратов и наземных робототехнических средств (далее – РТС).

Развитие современного общества и техносферы влечет за собой появление новых угроз человечеству, на сегодняшний день для борьбы

с которыми существует перспективное направление – робототехника. Основным предназначением робототехники является выполнение ею двух основных типов задач: социальной и экономической. Социальная задача подразумевает под собой защиту людей, в том числе и при замене участников тушения пожара на наиболее сложных и опасных участках работ, а экономическая – защиту материальных ценностей от огня.

Успешное выполнение этих задач говорит об эффективности мобильной робототехники, которая достигается путем оснащения ее техническими средствами, позволяющими ей выполнять поставленные задачи и оставаться работоспособной в условиях возникающих угроз. Актуальность применения робототехники состоит в замене людей на наиболее опасных участках. Опасные участки или зоны характеризуются параметрами, оказывающими губительное воздействие на людей, в зависимости от типа, происходящего ЧС.

Любая создаваемая специальная техника разрабатывается под условия, в которых планируется ее применение и наделяется рядом функций, которые необходимо выполнять для достижения поставленной цели.

Таким образом, конструкции мобильной робототехники, содержат следующие разделы:

- назначение (выполняемые виды работ и функции);
- живучесть (сохранение работоспособности в условиях возникающих угроз);
- маневренность (свободное перемещение в условиях объекта или на территории, на которой применяется робототехника);
- транспортабельность (возможность доставки доступными видами транспорта к месту тушения пожара или ликвидации ЧС);
- ремонтнопригодность и обслуживание (должна быть ремонтнопригодной, поддержание ее работоспособности достигается проведением технического обслуживания);
- надежность (способность оставаться работоспособной и выполнять свои функции за весь срок эксплуатации).

РТС представляет собой дистанционно управляемую платформу с электромеханическим приводом и шасси (гусеничного, колесного), на которой размещены дистанционно-управляемый лафетный ствол, абразивная установка пожаротушения, роботизированный манипулятор-схват, система технического зрения, тепловизор и набор необходимого оборудования.



Рис. 1. Робототехническое средство, предназначенное для разведки на месте пожара, мониторинга обстановки и выполнения действий по тушению пожаров

РТС предназначен для разведки на месте пожара, мониторинга обстановки и выполнения действий по пожаротушению. За счет установленного дистанционно-управляемого лафетного ствола РТС будет обладать возможностью подачи огнетушащих веществ в виде воды и водного раствора пенообразователя с расходом от 15 до 20 л/с, имея дальность подачи по воде не менее 50 м, роботизированный манипулятор-схват обеспечит выполнение тактических приемов при резке и пожаротушении, а также транспортировку разрезанных конструкций или оборудования в зону утилизации.

Габаритные размеры и массовые характеристики РТС должны будут обеспечивать его свободное перемещение в условиях горящего объекта, при этом возможность непрерывной работы не менее 4 часов.

Управление РТС осуществляется при помощи пульта дистанционного управления, на который в режиме реального времени будет передаваться информация с системы технического зрения и телевизора. Конструкция робототехнического средства обеспечивает выполнение следующего ряда функций, направленных на тушение пожара:

- проведение разведки и мониторинг обстановки на пожаре;
- поиск скрытых очагов горения;
- подача огнетушащих веществ с интенсивностью 0,20 л/(м²с) и дальностью подачи не менее 30 м;
- подача огнетушащих веществ на защиту строительных конструкций и оборудования;
- тушение пожаров электрооборудования под напряжением;
- тушение пожаров в замкнутых объемах;
- подача огнетушащих веществ через оградительные конструкции для тушения пожара в случае, если невозможно подобраться к очагу пожара;
- проведение дополнительных работ в виде резки, разборки и транспортировки конструкций или иных объектов.



Рис. 2. Робототехническое средство, оснащенное роботизированной рукой-манипулятором со схватом, имеющая пять степеней свободы, ствол установки пожаротушения с гидроабразивной резкой, предназначенный для тушения пожаров и резки конструкций, система технического зрения, тепловизор и набор необходимого оборудования

Робототехнический комплекс, предназначенный для тушения пожаров на объектах для хранения боеприпасов и взрывчатых веществ, будет являться хорошим подспорьем для пожарных подразделений, участвующих в тушении пожаров на данных объектах, а порой и единственным средством пожаротушения, применимым в сложных условиях.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ НА ПРОЕКТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ ЗАЩИТЫ

Куликов С.В.

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

Вопросы разработки планов тушения пожаров являются предметом пристального внимания как личного состава подразделений пожарной охраны, так проектировщиков и собственников объектов защиты. Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» установлено, что для производств в обязательном порядке разрабатываются планы тушения пожаров, предусматривающие решения по обеспечению безопасности людей [1]. Выполнение указанной нормы закона до настоящего времени вызывает споры и полемику, в том числе среди участников научно-практических конференций. Например, еще в 2012 году в статье [2] были подробно рассмотрены актуальные вопросы разработки планов тушения пожаров (далее – ПТП) и их юридического статуса.

Необходимо вспомнить, что до 2017 года разработка, согласование и утверждение ПТП проводились по методическим указаниям [3], которые являлись методическим документом, используемым в пожарно-спасательных гарнизонах подразделениями пожарной охраны при разработке документов предварительного планирования действий по тушению пожаров, и такого юридического статуса не имели, как положения нормативного правового акта.

Вступившим в 2018 году в силу Положением о пожарно-спасательных гарнизонах процесс разработки и утверждения ПТП получил механизм, закрепленный нормативным правовым актом, в котором перечислены виды документов предварительного планирования действий [4]. Приказом МЧС России от 25.10.2017 № 467 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах» (далее – Положение о ПСГ) [4] определено, что одним из видов документов предварительного планирования действий является план тушения пожара, а разработка документов предварительного планирования действий, перечисленных в п. 56 Положения о ПСГ – функцией пожарно-спасательного гарнизона [4].

Законом «О пожарной безопасности» [1] разработка ПТП не отнесена к обязанности должностных лиц подразделений пожарной охраны или руководителей организаций. Согласно пункту 95 Положения о ПСГ на начальников пожарно-спасательных гарнизонов возлагается общее руководство по составлению планов и карточек тушения пожаров. В соответствии с пунктами 101 и 102 вышеуказанного Положения о ПСГ [4], план тушения пожара утверждается собственником организации, поэтому их составление не является исключительно функцией подразделений пожарной охраны. ПТП может быть разработан и организацией, выполняющей проектные работы, в том числе в области пожарной безопасности, на основании лицензии.

Следовательно, планы и карточки тушения пожаров могут разрабатываться заинтересованными организациями (предприятиями), органами местного самоуправления или даже физическими лицами, с последующим их утверждением в установленном порядке в пожарно-спасательном гарнизоне и органе местного самоуправления [4].

Имеющаяся неопределенность обязанностей разработчиков ПТП и их ответственности компенсируется давно сложившимся в местных пожарно-спасательных гарнизонах механизмом разработки и согласования документов предварительного планирования действий. Однако изменения в СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям», вступившие в силу с 14 августа 2020 года, внесли важное примечание в пункт 8.1 СП 4.13130.2013: «при наличии отступлений от требований нормативных документов в части устройства пожарных проездов, подъездов и обеспечения доступа пожарных для проведения пожарно-спасательных мероприятий, возможность обеспечения деятельности пожарных подразделений на объекте защиты должна подтверждаться в документах предварительного планирования действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, разрабатываемых в установленном порядке» [5].

Такое изменение в СП 4.13130.2013 вызвало немало вопросов о разъяснении требований нормативных документов по предварительному планированию действий на проектируемых объектах защиты, одним из которых является вопрос о порядке разработки, утверждения и согласования документа предварительного планирования действий, подтверждающего возможность обеспечения деятельности пожарных подразделений при отступлениях от требований пожарной безопасности. Также, в качестве организационно-технических мероприятий разработка плана тушения пожара предусматривается требованиями СП 477.1325800.2020. «Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности». Указанный свод правил распространяется на здания и комплексы высотные и устанавливает требования пожарной безопасности при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и комплексов [6].

Действующей редакцией Положения о ПСГ в документах предварительного планирования действий не предусмотрено подтверждение возможности обеспечения деятельности пожарных подразделений на объекте защиты при наличии отступлений от требований нормативных документов, равно как и приведение в ПТП сведений о таких отступлениях. Также, Положением о ПСГ не предусмотрено и согласование отступлений от требований нормативных документов путем разработки документа предварительного планирования действий как на эксплуатируемый, так и на проектируемый объект защиты [4].

Примечание к п.8.1 СП 4.13130.2013 [3] может быть применено на проектируемых объектах защиты организацией-проектировщиком, если отступления от требований нормативных документов, допущенные при проектировании

и строительстве объекта защиты обеспечивают возможность деятельности пожарных подразделений, что должно быть подтверждено разработкой этой же организацией документа предварительного планирования действий.

В соответствии с подпунктом «в» пункта 26 Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 [7], утвержденный документ предварительного планирования действий может входить в состав раздела проектной документации «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

В этом случае полномочия начальника пожарно-спасательного гарнизона по участию в разработке документа предварительного планирования действий должны быть ограничены предоставлением в проектную организацию необходимых сведений о привлекаемой пожарной технике в районе выезда пожарно-спасательного подразделения. Ответственность за достоверность, обоснованность и соответствие проектных решений фактически выполненным работам на объекте защиты должна нести организация-проектировщик и органы Государственного строительного надзора.

По мнению специалистов в области пожарной безопасности, обоснование отступлений в проектной документации от требований пожарной безопасности на проектируемом объекте защиты возможно на основании разработки нового вида документа предварительного планирования действий – «Отчета о предварительном планировании действий пожарно-спасательных подразделений по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ».

Очевидно, что нормативная и нормативная правовая база должна быть дополнена документами и положениями, определяющими как порядок разработки, согласования и утверждения Отчета о предварительном планировании действий пожарно-спасательных подразделений по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, так и требования к его содержанию и оформлению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Елагин А., Назаров С., Тудос А. «План тушения пожара. Каков его юридический статус?» // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 377 с., С. 333-340
3. Методические рекомендации по составлению планов тушения пожаров и карточек тушения пожаров. Утверждены МЧС России 27.02.2013 №2-4-87-1-18.
4. Приказ МЧС России от 25.10.2017 № 467 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах» (зарегистрирован в Минюсте России 09.02.2018 г. № 49998).
5. СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

6. СП 477.1325800.2020. «Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности».
7. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ОКОННОГО ПРОФИЛЯ НА ОДНОСЛОЙНУЮ СТЕКЛЯННУЮ ПАНЕЛЬ В УСЛОВИЯХ СТАНДАРТНОГО ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Мамедова С.И.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Разрушение ограждающих светопрозрачных конструкций (СПК) оказывает существенное влияние на динамику развития пожара. При разрушении СПК и вскрытии проемов происходит резкий приток воздуха в зону горения, что способствует резкому нарастанию опасных факторов пожара. До настоящего времени теоретические исследования воздействия пожара на СПК в основном касались разрушения одиночного стекла, поэтому актуальной задачей является оценка влияния конструктивных особенностей оконного профиля (материал, из которого он изготовлен, его ширину и толщину) на огнестойкость СПК, моделирование и расчет полей температуры и напряжений в условиях огневого воздействия.

Рассмотрим стеклянную панель высотой h_z , шириной $2h_x$ и толщиной $2h_y$, заключенную в раму высотой L_z , шириной $2L_x$ и толщиной $2L_y$, кромка рамы, в которую заключена панель, имеет размер $L_s/2$. Начало координат разместим в центре нижней поверхности рамы и направим ось z перпендикулярно нижней поверхности рамы, ось x параллельно нижней поверхности рамы, ось y направлена перпендикулярно поверхности стеклянной панели.

Температурное поле в стеклянной панели будет описываться трехмерным дифференциальным уравнением теплопроводности [1].

$$\rho(T)c(T)\frac{\partial T(x,y,z,t)}{\partial t} = \lambda(T)\left(\frac{\partial^2 T(x,y,z,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T(x,y,z,t)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T(x,y,z,t)}{\partial z^2}\right) + I(x,z,t)\frac{e^{-y/\gamma}}{\gamma}f(x,z)$$

$$\text{при } -h_x < x < h_x, \quad -h_y < y < h_y, \quad L_s/2 < z < h_z; \quad (1)$$

$$f(x,z) = [\eta(x - L_s + L_x) - \eta(x - L_x + L_s)][\eta(z - L_s) - \eta(z - L_z + L_s)], \quad (2)$$

где $\rho(T)$ – плотность стекла, кг/м³; $c(T)$ – теплоемкость стекла, Дж/(кг · К); $\lambda(T)$ – коэффициент теплопроводности стекла, Вт/(м · К); $T(x, y, z, t)$ – температура, К; x, y, z – пространственные координаты, м; t – время, с; $I(x, z, t)$ – плотность лучистого потока, поступающего на поверхность пластины, Вт/м²; γ – длина затухания (величина обратная коэффициенту поглощения), м; $\eta(x)$, $\eta(z)$ – единичные функция Хевисайда. $f(x, z)$ – двухмерная единичная функция, значение которой равно нулю на плоскости XZ , затененной рамой, и единице во всех других точках плоскости XZ .

Начальное условие имеет вид

$$T(x, y, z, 0) = T_i \text{ при } t = 0, \quad (3)$$

где T_i – начальная температура пластины, К.

Граничные условия имеют вид

$$-\lambda \frac{\partial T(x, -h_y, z, t)}{\partial y} = \left[h_1 (T(x, -h_y, t) - T_{c1}(t)) + \varepsilon_{\text{пр}} \sigma (T^4(x, -h_y, t) - T_{c1}^4(t)) \right] f(x, z) \\ \text{при } y = h_y, L_s - L_x < x < L_x - L_s, L_s < z < L_z - L_s; \quad (4)$$

$$-\lambda \frac{\partial T(x, h_y, z, t)}{\partial y} = \left[h_2 (T(x, h_y, t) - T_{c2}(t)) + \varepsilon_{\text{пр}} \sigma (T^4(x, h_y, t) - T_{c2}^4(t)) \right] f(x, z) \\ \text{при } y = -h_y, L_s - L_x < x < L_x - L_s, L_s < z < L_z - L_s, \quad (5)$$

где $h_1(T)$, $h_2(T)$ – коэффициенты конвективной теплоотдачи с поверхностями стеклянной панели, Вт/(м² · К); $T_{c1}(t)$, $T_{c2}(t)$ – температура окружающей среды с двух сторон стеклянной панели, К; $\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты системы «среда – светопрозрачная конструкция»; σ – постоянная Стефана – Больцмана ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² · К⁴)).

Температурное поле в раме будет описываться трехмерным дифференциальным уравнением теплопроводности [2]:

$$\rho_1(T_1) c_1(T_1) \frac{\partial T_1(x, y, z, t)}{\partial t} = \lambda_1(T_1) \left(\frac{\partial^2 T_1(x, y, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_1(x, y, z, t)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_1(x, y, z, t)}{\partial z^2} \right), \\ \text{при } -L_x < x < L_x, -L_y < y < L_y, 0 < z < L_z. \quad (6)$$

где $\rho_1(T_1)$ – плотность материала рамы, кг/м³; $c_1(T_1)$ – теплоемкость материала рамы, Дж/(кг · К); $\lambda_1(T_1)$ – коэффициент теплопроводности материала рамы, Вт/(м · К); $T_1(x, y, z, t)$ – температура рамы, К.

Начальное условие имеет вид

$$T_1(x, y, z, 0) = T_i \text{ при } t = 0, \quad (7)$$

где T_i – начальная температура рамы, К.

Граничные условия имеют вид

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(x, -L_y, z, t)}{\partial y} = \left[h_{11} (T_1(x, -L_y, z, t) - T_{c1}(t)) + \varepsilon_{\text{пр1}} \sigma (T_1^4(x, -L_y, z, t) - T_{c1}^4(t)) \right] + I(x, z, t) \\ \text{при, } -L_x < x < L_x, 0 < z < L_z; \quad (8)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(x, L_y, z, t)}{\partial y} = \left[h_{21} (T_1(x, L_y, z, t) - T_{c1}(t)) + \varepsilon_{\text{пр1}} \sigma (T_1^4(x, L_y, z, t) - T_{c2}^4(t)) \right] + I(x, z, t) \\ \text{при } y = L_y, -L_x < x < L_x, 0 < z < L_z, \quad (9)$$

где $h_{11}(T_1)$, $h_{21}(T_1)$ – коэффициенты конвективной теплоотдачи с поверхностями рамы, Вт/(м² · К); $T_{c1}(t)$ – температура окружающей среды, К; $\varepsilon_{\text{пр1}}$ – приведенная степень черноты системы «среда-рама»; $I(x, z, t)$ – плотность лучистого потока, поступающего на поверхность рамы, Вт/м².

На торцевых поверхностях рамы примем температуру равной, начальной. Будем считать, что тепловые потоки и температуры на стыках поверхностей стеклянной панели и рамы равны друг другу.

Коэффициент конвективного теплообмена от среды, нагреваемой пожаром, меняется с изменением температуры дымовых газов и температурой обогреваемой поверхности пластины, коэффициент конвективного теплообмена от необогреваемой поверхности пластины и окружающим воздухом меняется с ростом температуры необогреваемой поверхности. Поэтому, для определения интенсивности процесса использован квазистационарный подход [3].

Среднеобъемную температуру помещения при пожаре $T_{c2}(t)$ зададим при помощи стандартной кривой пожара

$$T_{п}(t) = 345 \cdot \lg(kt + 1) + T_0, \quad k = 0,133 \text{ с}^{-1}, \quad (10)$$

где $T_{п}(t)$ – температура пожара, °С; T_0 – начальная температура пожара, °С; t – время пожара, с.

Для расчета распределения температуры в стеклянной панели, заключенной в раму методом конечных элементов в среде пакета FlexPDE был разработан программный код решения краевой задачи (1)–(10) методом конечных элементов.

На рисунке 1 показаны зависимости разности температур центральной части стеклянной панели $T(z)$ и ее края от высоты стеклянной панели, при разной толщине профиля в момент времени $t = 200$ с. Как видно из приведенных зависимостей, перегрев центральной части панели относительно ее края тем больше, чем шире и толще профиль. Разность температур центральной части стеклянной панели и ее края больше для панели, заключенной в деревянную раму. Интенсивность падающего излучения $I = 10 \text{ кВт/м}^2$, длина поглощения $\gamma = 2 \text{ мм}$. Для проведения расчетов приняты следующие численные значения $h_y = 2,5 \text{ мм}$, $h_z = 1,2 \text{ м}$ в момент времени $t = 200$ с.

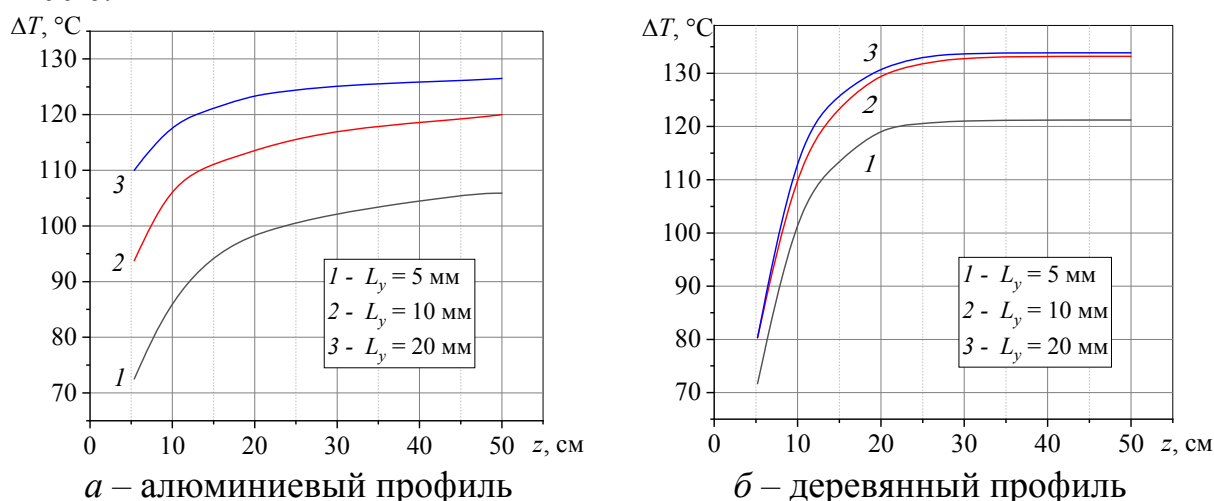


Рис. 1. Зависимость разности температур центральной части стеклянной панели и ее края от высоты стеклянной панели

В работе [4] предложен метод расчета огнестойкости стеклянной панели по критерию достижения критических напряжений. Стекло разрушается

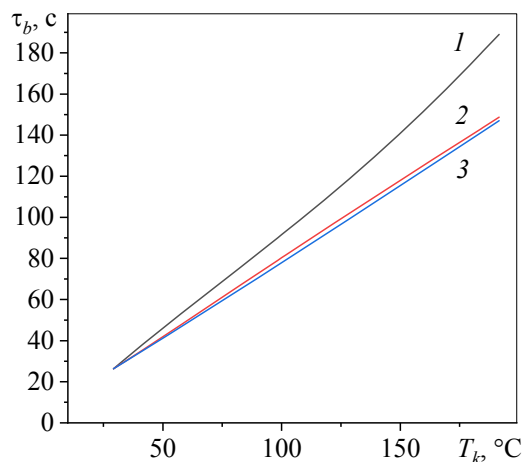
в момент времени τ_b , когда разность температур центральной части панели и ее края достигает критического значения T_k , приводящего к возникновению напряжений, превосходящих предел прочности стекла при растяжении:

$$\Delta T(-L_x, \tau_b) = \frac{\sigma_b}{E\beta} = T_k, \quad (11)$$

где T_k – критическая температура перегрева центральной части панели относительно ее края, приводящая к возникновению критических напряжений σ_b , вызывающих разрушение стекла.

Принимая во внимание механические свойства стекла, получим что при коэффициенте линейного теплового расширения стекла $\beta = (9-0,5) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, модуле упругости $E = 7 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, пределе прочности оконного стекла на растяжение $20 \cdot 10^6 < \sigma_b < 138 \cdot 10^6 \text{ Па}$, критическая температура перегрева центральной части панели относительно ее края лежит в диапазоне $30 \text{ }^\circ\text{C} < T_k < 220 \text{ }^\circ\text{C}$.

Зависимость предела огнестойкости по критерию достижения критических напряжений в стеклянной панели от критической температуры для разных материалов оконного профиля (алюминий, ПВХ, дерево) показана на рисунке 2. Для проведения расчетов приняты численные значения, приведенные к рисунку 1. Длина поглощения $l = 2 \text{ мм}$, интенсивность падающего излучения $I = 10 \text{ кВт/м}^2$.



1 – алюминий; 2 – ПВХ; 3 – дерево

Рис. 2. Зависимость предела огнестойкости по критерию достижения критических напряжений в стеклянной панели от критической температуры для разных материалов оконного профиля

Из приведенных зависимостей видно, что время разрушения панели увеличивается с увеличением критической температуры (критических напряжений). Время разрушения оконной панели, заключенной в раму из алюминия, превышает время разрушения, панели, заключенной в раму из ПВХ или дерева. Этот факт объясняется тем, что алюминий имеет теплопроводность, значительно превышающую теплопроводность пластика и дерева. Поэтому стекло под алюминиевым профилем прогревается больше, чем под ПВХ или деревом, следовательно, необходимо больше времени, чтобы разность температур края стекла и его центра достигли критических значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pagni, P.J. Thermal Glass Breakage / P.J. Pagni // Fire Safety Science – Proceedings of the Seventh International Symposium, eds.: D. Evans [et al.]. – Gaithersburg, USA. – 2002. – P. 3-25.
2. Карслоу, Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карслоу, Д. Егер. – М.: Наука, 1964 г. – 488 с.
3. Прохач, Э. И. Об использовании квазистационарного подхода в расчетах конвективного теплообмена / Э. И. Прохач // Инженерно-физический журнал. – 1976. – Т. 31, №5. – С. 857-860.
4. Pagni P. J., Joshi A. A. Glass Breaking in Fires / Fire Safety Science. – Proceedings of the Third International Symposium, 1991. – P. 791 – 802.

ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ (СООРУЖЕНИЙ)

Маштаков В.А., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский Ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

Проблеме оценке пожарной опасности для эксплуатируемых зданий (сооружений) посвящено много научных исследований [1-5]. При этом методы оценки уровня пожарной опасности часто различаются. Предлагается использовать в качестве такой оценки показатели «риск для человека погибнуть при пожаре» и «риск для человека погибнуть от пожара за единицу времени» [1], «число пожаров с гибелью людей» [2], «тяжесть социальных последствий пожаров (гибель и травмирование людей) для группы объектов защиты, являющихся близкими по классам функциональной пожарной опасности и схожих по видам экономической деятельности», основанная на расчете среднего количества пострадавших людей на объект в год [3], «индекс пожарного риска, основанный на подходе Доу-Джонса» [4], «индивидуальный пожарный риск с учетом функциональной пожарной опасности зданий и сооружений» [5]. Однако проведенные исследования являются неполными. Не всегда можно точно оценить количество людей, находящихся на объекте защиты во время пожара, поэтому показатель «риск для человека погибнуть от пожара за единицу времени» является смещенной оценкой уровня пожарной опасности объекта защиты. Также смещенными оценками являются расчеты среднего количества погибших людей на объект в год или на 1 пожар, так как не учитывают количество людей, находящихся на объекте защиты во время пожара, но находятся в зависимости от этого показателя.

В настоящей работе проведена оценка пожарной опасности эксплуатируемых зданий (сооружений) различных классов функциональной пожарной опасности на основе статистических данных о пожарах и их социальных последствий.

Для анализа использована статистика пожаров и их последствий за 2017-2020 гг., распределенная по классам функциональной пожарной опасности объектов защиты [6-9]. Данные о количестве объектов, соответствующих классам функциональной пожарной опасности Ф1.4 и Ф1.3, взяты из [10].

На рис. 1 приведено распределение пожаров по группам объектов защиты, соответствующих классам функциональной пожарной опасности.

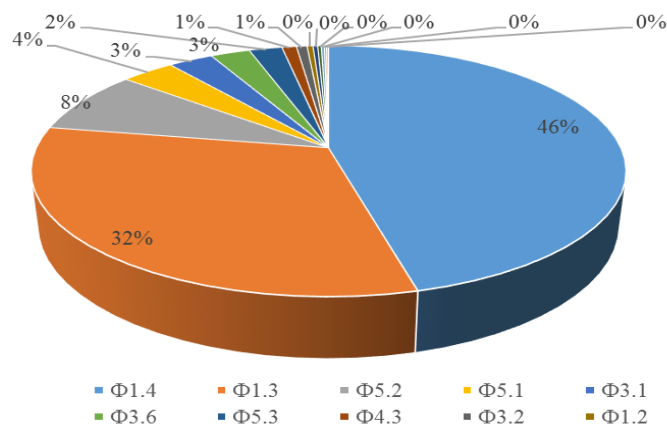


Рис. 1. Распределение пожаров по группам объектов защиты, соответствующих классам функциональной пожарной опасности

Больше всего пожаров за 2017-2020 гг. произошло в многоквартирных жилых домах (46%), многоквартирных жилых домах (32%) и объектах функциональной пожарной опасности класса Ф5.2 (складские здания и др.).

На рис. 2-3 отражено воздействие на людей опасных факторов пожара по классам функциональной пожарной опасности объектов пожаров.

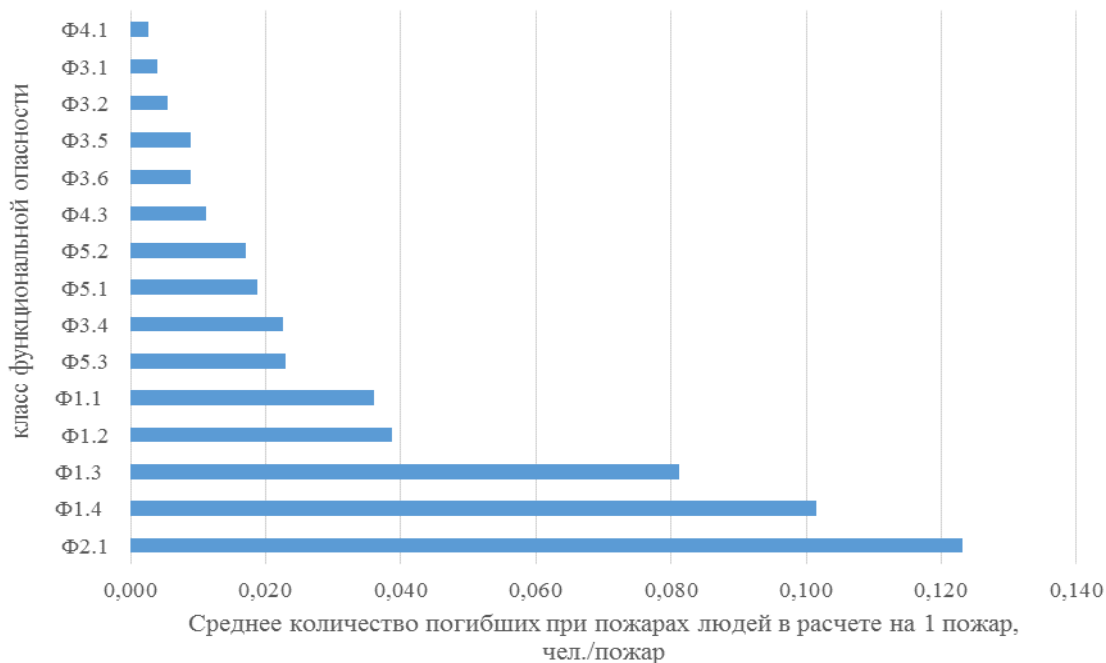


Рис. 2. Среднее количество погибших при пожарах людей в расчете на 1 пожар по группам объектов защиты, соответствующих классам функциональной пожарной опасности

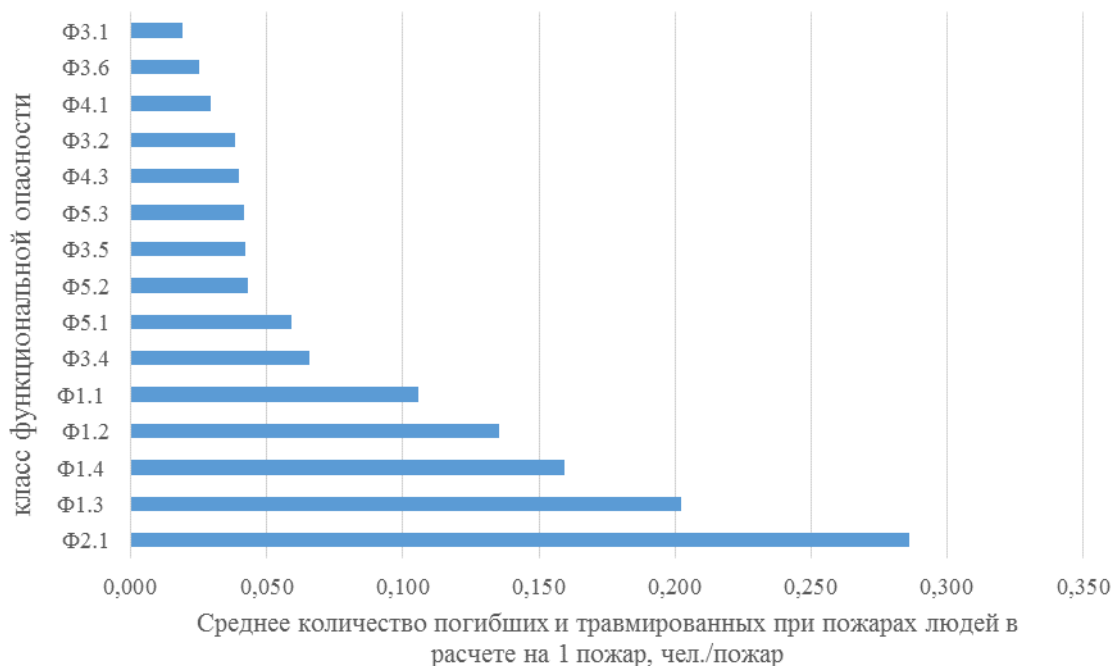


Рис. 3. Среднее количество погибших и травмированных при пожарах людей в расчете на 1 пожар по группам объектов защиты, соответствующих классам функциональной пожарной опасности

Наибольшее количество пострадавших людей (погибших и травмированных) в расчете на 1 пожар зафиксировано объектах функциональной пожарной опасности класса Ф2.1 (культурно-досуговые учреждения и др.), также высок этот показатель в многоквартирных и многоквартирных жилых домах и на объектах функциональной пожарной опасности класса Ф1.2 (гостиницы, общежития и др.). Однако высокие значения рассматриваемых показателей могут быть связаны как с высоким уровнем пожарной опасности объектов защиты, так и с большим количеством людей, находящихся на объектах во время пожара.

Предлагается использовать в качестве дополнительного для оценки уровня пожарной опасности эксплуатируемых зданий (сооружений) показатель «доля травмированных при пожарах людей от общего количества пострадавших людей при пожарах». Данный показатель оценивает вероятность выживания людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, приводящих к травме или гибели человека, и характеризует величину факторов пожарной опасности. Большие значения этого показателя могут свидетельствовать о низком уровне пожарной опасности – нанесенный вред здоровью не приводит к гибели пострадавших [11]. На рис. 4 представлены соотношения доли травмированных при пожарах людей от общего количества травмированных и погибших людей при пожарах по группам объектов защиты, соответствующих классам функциональной пожарной опасности.

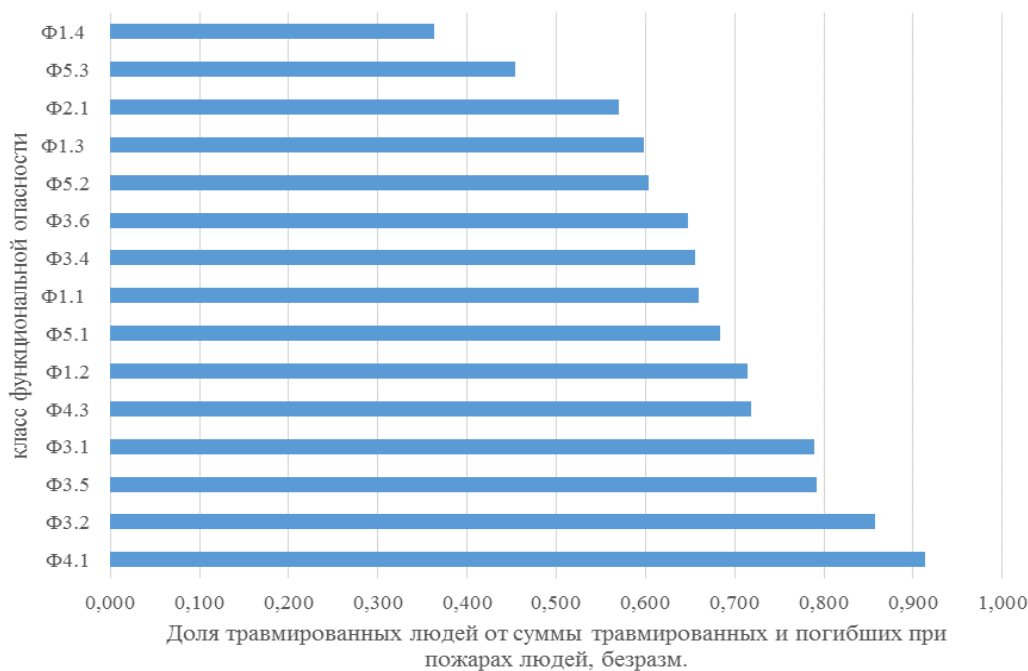


Рис. 4. Доля травмированных людей от суммы погибших и травмированных при пожарах людей по группам объектов защиты, соответствующих классам функциональной пожарной опасности

Как видно из рисунка, самый высокий уровень пожарной опасности зафиксирован в многоквартирных жилых домах. Следует отметить, что на этих объектах произошло больше всего пожаров (рис. 1). Однако, в случае использования показателя «среднее количество погибших на 1 объект в год» получаем оценку – $2,4 \cdot 10^{-5}$ чел./объект/год, тогда как для многоквартирных домов аналогичная оценка составляет $9,0 \cdot 10^{-5}$ чел./объект/год. Полученные расчетные данные подтверждают вывод о некорректности использования данного показателя для оценки уровня пожарной опасности эксплуатируемых зданий (сооружений) без учета количества людей, находящихся на объекте защиты во время пожара. Предложенный показатель «доля травмированных при пожарах людей от общего количества пострадавших людей при пожарах» не зависит от учета количества людей, находящихся на объекте защиты во время пожара, и представляется более оптимальным для оценки уровня пожарной опасности эксплуатируемых зданий (сооружений). Следует отметить, что низкие значения данного показателя получены для зданий сельскохозяйственного назначения (Ф 3.5) и на объектах функциональной пожарной опасности класса Ф 2.1 (культурно-досуговые учреждения и др.). Заметим, что остальные способы оценки уровня пожарной опасности эксплуатируемых зданий (сооружений) не фиксируют высокий уровень пожарной опасности зданий сельскохозяйственного назначения.

Таким образом, проанализированы показатели оценки уровня пожарной опасности эксплуатируемых зданий (сооружений). Предложен новый показатель для таковой оценки. Показан высокий уровень пожарной опасности в многоквартирных жилых домах, зданиях сельскохозяйственного назначения и культурно-досуговых учреждениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А., Попков С.Ю., Белов В.А. триада "опасность – риск – безопасность" // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10. № 4. С. 42-49.
2. Порошин А.А., Харин В.В., Кондашов А.А., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю. Оценка уровня пожарной опасности объектов защиты на основе методов статистического анализа данных // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 6. С. 35-39.
3. Зобков Д.В., Порошин А.А., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Категории риска объектов защиты в области пожарной безопасности // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 3 (7). С. 170-175.
4. Кайбичев И.А., Кайбичева Е.И. Индексы пожарного риска в Российской Федерации. – Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23, № 5. – с. 56-61.
5. Фирсов А.В., Харисов Г.Х. Влияние класса функциональной пожарной опасности здания и сооружения на расчетную величину индивидуального пожарного риска // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2013. № 3. С. 43-45.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2021. – 112 с.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2020, – 80 с.
8. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2019, – 125 с.
9. Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2018, – 125 с.
10. Жилищное хозяйство в России. 2019: Стат. сб./ Росстат. – М., 2019. – 78 с.
11. Харин В.В., Порошин А.А., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В., Кондашов А.А. Соотношение числа травмированных и погибших как показатель опасности последствий пожара // Материалы XXXI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности». М. 2019. С. 568-571.

ОГНЕЗАЩИЩЕННЫЕ И АНТИКОРРОЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТЕХРАНИЛИЩ

Мирзахмедов Б.Х., Жуманова С.Г.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Как известно склады нефтегазозащиты являются объектами стратегического назначения и требуют особого внимания при эксплуатации. Одним из эффективных методов защиты от пожаров, взрывов и коррозии технологического оборудования и резервуаров является разработка и применение композиционных полимерных покрытий. В связи с этим возрастает роль контроля

качества и прогнозирования долговременной прочности таких покрытий. Повышение срока службы покрытий позволяет значительно сократить расход дефицитных и дорогостоящих полимеров, более рационально использовать производственные мощности, а также улучшить экологическую обстановку на предприятиях, использующих агрессивные среды в своих подразделениях. В этом плане значительные возможности открывает применение эпоксидных пленкообразующих с активными пластификаторами, модификаторами, а также наполнителями, содержащими оксиды металлов. Их применение позволяет повысить эксплуатационные и деформационные, прочностные характеристики, снизить диффузионную проницаемость металлополимерных конструкций [1].

Таким образом, представляло интерес исследование влияния разработанных модификаторов на основе кубовых остатков моно- и диэтанолламинов в качестве модификаторов на физико-механические и антикоррозионные свойства полимерных композиционных покрытий.

В промышленных предприятиях для очистки природного газа, а также для обезвреживания отходящих газов от различных примесей широко применяется метод абсорбционной очистки. В качестве сорбента также широко применяются аминные растворы, т.к. они дешевые, легкодоступные, легко регенерируются, не представляют никакого вреда для окружающей среды [2].

При абсорбции происходит взаимодействие между газом и раствором, в котором содержится вещество, реагирующее с этим газом. Иногда растворяющийся газ реагирует непосредственно с самим растворителем.

После того как мы выяснили основных этапов образования отработанных сорбентов, т.е. отработанных растворов моно- и диэтанолламинов, представляло интерес исследования процесса образования кубовых остатков растворов вышеуказанных аминов.

Процесс регенерации аминов проводили при кипячении водных растворов аминов, на перегонной установке. Образовались три фракции, т.е. до температуры +100С, в основном выделялась вода, объемная емкость которой составляет 68-75 %, далее до температуры +185°С выделяется моноэтанолламин, объемная емкость которого составляет, порядка – 12-14%, от всей массы водного раствора моноэтанолламина, и далее после повышении температуры, перегонка массы прекращается, в перегонной колбе остается только осмоленный продукт, который является кубовым остатком.

Представляло интерес исследование состава и строения кубового остатка моноэтанолламина. Для чего был применен весь арсенал современных физико-химических методов анализа таких, как ИК-, ПМР-, УФ-спектроскопия.

В таблице 1, приведены результаты элементного анализа образцов кубовых остатков моно- и диэтанолламинов.

Таблица 1. Результаты элементного анализа образцов.

Содержание элементов, %	С	Н	N	S	О
Вычислено, % (МЭА/ДЭА)	65/62	12/9	7/9	6/8	10/12
Найдено, % (МЭА/ДЭА)	63,4/61,2	13/10	6,4/8,2	6,4/7,8	10,2/12,8

Далее представляло интерес исследование прикладных свойств полученных кубовых остатков. Как известно, для получения полимерных антикоррозионных покрытий и материалов с улучшенными свойствами широко используют модификацию крупнотоннажных промышленных полимеров малыми добавками других полимеров или олигомеров [3]. Значительное распространение получило введение малых количеств мелкодисперсных зародышей кристаллизации термоэластопластов, олигомерных и полимерных добавок. В основу модификации полимеров или олигомеров малыми добавками легли представления о существенном влиянии надмолекулярной структуры, а также условий протекания релаксационных процессов на свойства полимеров. При этом наблюдается комплексное воздействие добавок на структуру и свойства полимеров [4].

В качестве антикоррозионных покрытий чаще всего используют эпоксидные смолы. Большое количество исследований посвящено химической модификации эпоксидных полимеров и показано, что модификация их наиболее эффективна еще на стадии смешения компонентов, когда модификаторы вводят, главным образом, с отвердителями в процессе формирования центров полимеризации, роста полимерной цепи, образования полимерной сетки. Использование полимерных модификаторов перспективно с точки зрения предотвращения некоторых нежелательных процессов, свойственных низкомолекулярным модификаторам, а также применения их в небольшом количестве [5].

В этом аспекте представляет интерес разработка технологии модификации эпоксидной смолы, кубовыми остатками, полученным при регенерации отработанных растворов аминов, поскольку благодаря близкой химической природе, а также термодинамической и кинетической совместимости компонентов, приводящей к хорошему смешению, можно получить эпоксидные композиции с повышенными физико-механическими свойствами.

Эпоксидные композиции получали из смолы ЭД-20, отвердителя полиэтиленполиамина с добавлением небольшого количества кубового остатка. Композиции отверждали при комнатной температуре. Приготовленные таким образом образцы эпоксидных композиций подвергали физико-механическим и химическим испытаниям согласно ГОСТам, результаты которых приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2. при введении незначительного количества модификатора – кубового остатка, содержащего в своем составе азот и серу, в эпоксидную композицию при одновременном уменьшении количества вводимого отвердителя возрастает скорость отверждения композиции, и улучшаются физико-механические свойства.

Из таблицы 2. следует, что введение небольшого количества модификатора в композицию приводит к значительному улучшению физико-механических свойств, сокращению времени полного отверждения. За счет увеличения прочности, склеенных художественных мраморных плит (в 2,7 раза) уменьшается количество некондиционных продуктов. Следует отметить, что модификация, эпоксидной композиции приводит к уменьшению вводимого отвердителя в 2 раза.

Таблица 2 Физико-механические свойства эпоксидных композиций.

п/п	Наименование показателей	Свойства композиции			
		1	2	3	4
1	Предел прочности при растяжении, МПа	109,5	113,0	149,0	180,0
2	Удельная ударная вязкость, кДж/м ²	2,08	2,24	2,37	2,52
3	Бензостойкость за 24ч., %	21,9	3,61	0,48	0,057
4	Водопоглощение за 24 ч., %	0,83	0,5	0,04	0,005
5	Время воспламенения, сек.	6	75	120	160
6	Кислородный индекс, %	18,0	19,7	21,0	23,0
7	Время отверждения при комнатной температуре, мин.	210	160	120	75

Химическая природа вводимого полимерного модификатора оказывает существенное влияние на структуру и свойства отвержденной эпоксидной композиции. Помимо этого, на прочностные показатели модифицированной композиции влияет и фактор химической и термодинамической совместимости модификатора и полимера, приводящая к образованию гомофазной системы. Вводимые модифицирующие добавки сорбируются на дефектных участках образующейся пространственной сетки и за счет совместимости систем формируется более плотная структура.

В качестве связующего была использована эпоксидиановая смола ЭД-20, в качестве пластификатора – дибутилфталат (ДФБ), отвердитель-полиэтиленполиамин (ПЭПА). Результаты исследования влияния содержания синтезированных нами модификаторов на деформационно-прочностные свойства (предел прочности при изгибе, микротвердость покрытий, адгезионная прочность) композиционных покрытий показывают, что прочностные характеристики возрастают при введении модификаторов в композицию (по сравнению с контрольным образцом – на основе композиции без полимеров) на 25-35%, а адгезионные свойства на 50-60%. Оптимальное сочетание свойств достигается, в зависимости от содержания полимеров, до 5,0 массовых частей.

Аналогичные результаты были достигнуты и при исследовании электрофизических свойств полученных композиционных покрытий. При введении модификаторов (оптимальное содержание-5,0м.ч.) повышается диэлектрическая проницаемость (ϵ) покрытий (на 15-20%), на несколько порядков увеличивается удельное поверхностное сопротивление покрытий. Необходимые физико-механические свойства композиции, их стабильность в процессе эксплуатации могут обеспечиваться только при сочетании высокой адгезионной прочности в системе модификатор – субстрат и образование оптимальной пространственной структуры полимера.

Повышение прочностных характеристик композиции с введением модификатора, можно объяснить согласно адсорбционной теории, рассматривая адгезию как результат проявления сил молекулярного взаимодействия между концентрирующими фазами. При этом могут иметь место все разновидности вандер-ваальсовских сил (ориентационные, индуктивные, дисперсионные). Важно, чтобы адгезив и субстрат имели функциональные группы, способные к взаимодействию.

При адгезионном разрушении не всегда требуется разрыв химических связей, а при когезионном разрушении сетчатого адгезива разрыв химических связей неизбежен. При нагружении адгезионного соединения из-за различных упругих констант адгезива и субстрата происходит дополнительная концентрация напряжений. В этих условиях разрыв по межфазной поверхности более вероятен, чем в массиве адгезива и субстрата даже при условии, что связи равно прочны, поскольку долговечность адгезионных связей снижается с ростом напряжения. Наконец, на адгезионное соединение во многих случаях действуют не только механические нагрузки, но и влага, различные химические агенты, повышенная температура. Именно граница раздела фаз наиболее подвержена действию этих факторов.

Одним из способов повышения долговечности композиционного материала и адгезивных соединений является облегчение релаксационных процессов в зоне контакта полимера с субстратом, с дисперсным или волокнообразным наполнителем. Эти процессы могут быть изменены регулированием интенсивности межфазного взаимодействия, а также путем применения эластичных слоев.

Подтверждение вышеизложенных результатов было получено по данным коррозионных испытаний согласно ГОСТ 9.083-78 в 30% растворе HCl и HNO₃ и 30% растворе H₂SO₄. Покрытия показали высокую коррозионную стойкость. Потеря массы покрытий составила не более 0,3% за 30 суток воздействия агрессивной среды. Вместе с тем полученные покрытия обладают достаточной теплостойкостью и огнестойкостью, которые являются важными эксплуатационными характеристиками, а также не требуют длительного времени для отверждения.

Введение небольшого количества модификаторов способствует повышению огнестойкости и физико-химических свойств эпоксидных композиционных покрытий, а также повышает их тепло- и огнезащитные свойства.

Как показали проведенные исследования, с введением модификаторов процесс отверждения эпоксидной смолы значительно ускоряется. Время отверждения контрольной композиции (без модификатора), определенное по известной методике [6], составляет более 200 мин при комнатной температуре, в присутствии полимеров оно сокращается до 118-140 мин. При использовании полиэпихлоргидрина (ПЭХГ), не содержащего фосфор-азотных фрагментов, а также концевых ненасыщенных связей, индукционный период отверждения больше, чем в случае полимерных модификаторов, что свидетельствует о большей эффективности фосфорсодержащих полимеров с концевой двойной связью по сравнению с модельными олигомерами (ПЭХГ) не содержащими ее.

Разработанные модификаторы на основе кубовых остатков моно- и диэтанолламинов можно использовать в качестве эффективного модификатора и ускорителя отверждения эпоксидных композиционных покрытий. Такие модификаторы нелетучи, нетоксичны, легко совмещаются с эпоксидной смолой, технология их получения проста, что обеспечивает возможность их широкого практического применения.

Таким образом, лабораторные испытания модификатора, полученного на основе кубовых остатков моно- и диэтанолламинов в качестве модификатора для эпоксидных композиции свидетельствуют о перспективности разработанных нами модификаторов и их возможной промышленной реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gillis R. Cationic polymer salts of (ammonium and phosphonium) prepared from them.//J. Notre Date – 2013. – №1, – s.503-505.
2. Pellon I., Valan K.I. Sintese and polymerization of phosphine halide quarternary salts.// J. Chem. Ind. – 2014. – №32. – s.1358-1361.
3. Rabinovith R., Marcus R and Pellon I. Polymerisation of phosphine halide quarternary salts // J.Polym. Sci. – 2014. – №2 (A). – S.1233-1235.
4. Bell G. A New Process for performance Coating by Spontaneous Polymerization.// Europolymer Congress. Eindhoven University of Technology July 15-20, 2013 j. The Netherlands, 2001. – p. 1327-1329.
5. ZweirzaK A. Cyclic organophosphorus compounds.//Canad.J.Chem. – 2014. – №5. – s.2501-2503.
6. Markl G.D., Reactions of Phosphins. // Angevant Chem. Internat. Edn. 2013. vol.2., s.620-621.

НОВЫЕ ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СОСТАВЫ ИЗ ОТХОДОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ГОРЮЧЕСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мирзахмедов Б.Х., Махманов Д.М., Муродов Б.З.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Несмотря на бурное развитие производства натуральных, синтетических полимерных материалов, пластических масс и композиционных материалов ощущается недостаток в функциональных материалах, обладающих комплексом ценных свойств, таких как огнестойкость, термостабильность и др. Наиболее перспективными высокомолекулярными соединениями такого типа являются полимеры, содержащие в своем составе функциональные фосфорсодержащие группы. К тому же в химии высокомолекулярных соединений определенный интерес получили работы, посвященные синтезу и исследованию полимеров, содержащих аммониевые группы в связи с возможностью их широкого применения во многих областях народного хозяйства [1].

По аналогии этим исследованиям, нами предпринята попытка разработать технологию получения фосфорсодержащих полимеров аналогичными методами, т.к. из литературы известно, что третичные фосфорсодержащие соединения легко вступают в реакцию нуклеофильного замещения с такими отрицательными центрами, как галогены, кислород, сера. Последнее и предопределило возможность исследовать поведение третичных фосфорсодержащих соединений,

полученных из местных ресурсов в реакциях нуклеофильного замещения с мономерами, содержащими в своей структуре как один отрицательный центр (аллилбромид, метакрилоилхлорид, пропаргилбромид), так и два отрицательных центра (эпихлоргидрин) с целью получения высокомолекулярных соединений на основе продуктов этих реакции [2].

Для получения фосфорсодержащих полимеров были выбраны трифенилфосфит (ТФФИТ) и натрийдигидрофосфат (НДФ), как наиболее доступные, менее токсичные и широко применяемые из соединений трехвалентного фосфора.

Предварительными исследованиями, нами были выявлены, что при взаимодействии вышеуказанных мономеров с НДФ и ТФФИТ, вместо мономерных четвертичных солей выделяются высокомолекулярные вещества, которые не содержат свободных молекул мономеров, т.е. происходит спонтанная полимеризация.

При избытке галоидсодержащего мономера образование полимера прекращается одновременно с расходом нуклеофильного агента (фосфата или фосфита), в системе остается непрореагировавший мономер. Это свидетельствует о тесной связи между солеобразованием и полимеризацией и указывает на то, что в полимеризации участвуют только молекулы галоидсодержащих мономеров, вступившие в реакцию кватернизации.

Для выяснения характера взаимодействия ТФФ и ТФФИТ с вышеуказанными мономерами были исследованы УФ-, ИК-спектры исходных и конечных продуктов, а также ПМР-спектры исходных компонентов. Установлено, что в ИК-спектре полимера, полученного на основе взаимодействия ТФФ с ЭХГ, полоса, отвечающая валентным колебаниям Р-С1 связи, смещена в низкочастотную область до 1350 см^{-1} , по сравнению с таковой в спектре ТФФ. Валентное колебание С-С1 –связи ($850\text{-}800\text{ см}^{-1}$), относящейся к группе ЭХГ, исчезает за счет образования новой химической связи $\text{P}^{+\delta}\cdots\text{C1}^{-\delta}$ в области 1350 см^{-1} . При этом, также образуются новые интенсивные полосы поглощения в области $1050\text{-}1100\text{ см}^{-1}$, относящиеся к асимметричным колебаниям простой эфирной связи (-СО-С-) за счет раскрытия эпокси группы ($1250, 930\text{ см}^{-1}$) ЭХГ в процессе взаимодействия с ТФФ. Синтезированные полимеры представляют собой порошки коричневого цвета, устойчивые при длительном хранении, растворяются во многих органических растворителях.

Далее представляло интерес исследование фосфорсодержащих полимеров, синтезированных на основе взаимодействия ТФФИТа и НДФ с ЭХГ и МАХ, в качестве замедлителя горения целлюлозы и нетканых материалов.

Образцы огнезащищенных целлюлозных и нетканых материалов получали известным способом [3]. В таблице 1, приведены основные термические параметры огнезащищенных образцов целлюлозных и нетканых материалов.

Как видно из таблицы, термостабильность огнезащищенных образцов с увеличением количества полимерного антипирена возрастает. При этом также повышаются выходы коксового остатка и значения кислородного индекса. При термическом распаде огнезащищенной целлюлозы наблюдается увеличение

количества выделяемой воды, коксового остатка и снижение выхода левоглюкозана. Следует отметить, что полученные огнезащищенные целлюлозы и нетканые материалы сохраняют почти все прикладные свойства исходного материала.

Далее представляло интерес исследование влияния полимерного антипирена и низкомолекулярного аналога на физико-механические и другие прикладные свойства модифицированных целлюлозных, а также нетканых материалов. Исследования горючести, модифицированных целлюлозных и нетканых материалов методом "огневой трубы" и определением скорости возгорания показали, что полимерный фосфорсодержащий антипирен обладает более высоким огнезащитным эффектом, способствующим переводу сгораемого материала в группу трудносгораемых.

Наблюдаемое при этом обугливание, свойственное любому органическому веществу, ограничивается площадью действия пламени. Горение модифицированных целлюлозных и нетканых материалов сопровождается образованием соединений, катализирующих реакцию дегидратации, при пиролизе и интенсифицирует образование кокса. При этом выход кокса и коэффициент дымообразования претерпевают корреляционное изменение. Процесс разложения модифицированных образцов тканей в основном протекает в конденсированной фазе, этим также объясняется низкое дымовыделение при их горении. Дальнейшее разложение антипирена сопровождается выделением инертных негорючих газов, препятствующих пламенному горению и тлению защищаемого материала.

ИК-спектры поглощения коксовых остатков подтвердили данное предположение. Изучение ИК-спектров полученных коксовых остатков показало, что все они характеризуются наличием весьма интенсивной полосы поглощения в области $1235 - 1275 \text{ см}^{-1}$, что свидетельствует о наличии в коксах связи $\text{P}=\text{O}$. Наблюдаются характерные полосы поглощения в областях $1020 - 1030 \text{ см}^{-1}$, соответствующие группе $\text{P}-\text{O}-\text{C}$. ИК-спектр кокса, образованного в результате горения модифицированных полимерным антипиреном образцов показывает усиленную поглощению в области 1714 см^{-1} , характерную для карбонильной группы, отсутствующий в ИК-спектре образцов, модифицированных трикрезилфосфатом.

Таблица. Некоторые термические параметры огнезащищенных образцов.

Образцы	Содерж. антипирена, %	Температура начало разложения, Т, К	Тем-ра начало интенсивного разложения, Т, К.	Количество коксового остатка, %	КИ, %
Целлюлоза	0	473	500	0	18,0
	НА-2,0	488	509	11	22,2
	ПА-0,5	495/499	520/532	13/17	21,6/21,0
	ПА-1,0	496/499	523/534	16/19	25,2/25,5
	ПА-2,0	495/502	533/565	19/24	32,4/32,9
	ПА-3,0	497/506	533/570	22/28	36,6/36,4

Образцы	Содерж. антипирена, %	Температура начало разложения, Т, К	Тем-ра начало интенсивного разложения, Т, К.	Количество коксового остатка,%	КИ,%
Нетканый материал	0	453	493	0	17,5
	НА-2,0	478	501	14	22,6
	ПА-0,5	478/479	513/517	18/19	22,4/23,5
	ПА-1,0	499/502	518/526	20/21	25,4/29,3
	ПА-2,0	526/536	543/558	24/28	31,6/33,8
	ПА-3,0	549/559	573/579	28/36	33,4/36,2

Примечание. НА-низкомолекулярный антипирен, ПА-полимерный антипирен. В знаменателе – данные для полимера на основе ТФФИТ-МАХ, в числителе – данные для полимера НДФФ-ЭХГ.

Следовательно, полимерный антипирен ускоряет процесс карбонизации, т.е. сажеобразование при горение нетканых материалов, а возможность карбонизации последних низкомолекулярным антипиреном исключается. Полученные результаты, еще раз подтвердили эффективность полимерных антипиренов перед низкомолекулярными аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскарлов М.А., Джалилов А.Т. Синтез ионогенных полимеров. Т. Фан. 1975 г.
2. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Полимерные антипирены. Т. ТГТУ, 1996 г. с.278.
3. Роговин З.А. Технология целлюлозы. М. Химия. 1978 г. с.329.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мирисаев А.У., Муродов Б.З.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

В настоящее время вопрос повышения огнестойкости строительных полимерных материалов является важным и актуальным [1-3]. Это связано, в первую очередь, с постоянно растущим ассортиментом изделий на полимерной основе различного назначения и их низкой огнестойкостью.

Исследования в области деструкции и горения полимерных материалов, снижения их горючести и разработки способов повышения огнестойкости строительных конструкций показали, что характерной особенностью горения полимерных строительных материалов является многостадийный процесс их превращения в конечные продукты сгорания. Анализ этих работ позволяет рассматривать горение полимерных материалов как непрерывный процесс, состоящий из ряда стадий: аккумуляции тепловой энергии от источников зажигания, разложения материала, воспламенения и горения летучих продуктов

пиролиза. Выявленные закономерности процессов пиролиза и горения полимеров позволяют определить возможные пути снижения их горючести и повышения огнестойкости путем замедления реакций на стадии пиролиза, снижения теплообмена в массе композиции и ингибирования процессов горения. Этого можно достичь введением антипиренов, негорючих наполнителей и химическим модифицированием полимеров.

Исследования показали, что для снижения горючести полимерных строительных материалов без существенного снижения эксплуатационных показателей наиболее эффективны фосфорсодержащие реакционноспособные соединения. Механизм действия этих антипиренов обусловлен повышением термоокислительной стабильности полимеров, которая связана со снижением количества, выделяемых горючих летучих продуктов деструкции и увеличением выхода коксового остатка, препятствующего тепло- и массообмену при горении [3].

На горючесть материалов оказывают влияние сгораемые наполнители и различные добавки, обычно используемые в пластмассах, присутствие которых в материале может привести к изменению группы возгораемости. Например, из трудносгораемого поливинилхлорида нередко получают сгораемые материалы при применении горючих пластификаторов или других добавок, используемых для улучшения некоторых эксплуатационных характеристик материала, однако снижающих его огнестойкость.

Существует несколько способов придания огнестойкости полимерам и материалам на их основе:

- 1) огневая защита полимеров и материалов;
 - 2) введение негорючих или не поддерживающих горение наполнителей в процессе получения материала;
 - 3) введение в композиции антипиренов;
 - 4) модификация полимеров реакционноспособными соединениями, придающими негорючесть или способствующими снижению горючести.
- Применение того или иного способа зависит от требований, предъявляемых к конструкции, от вида материалов, вероятных изменений их эксплуатационных характеристик при повышении температуры, от условий переработки материала и изготовления конструкций. В ряде случаев не довольствуются одним из способов, а применяют два или более для повышения предела огнестойкости [4].

Полимеры по своему поведению при горении так же, как и при нагревании в средах с различной концентрацией кислорода, подразделяются на две группы: деструктирующийся с разрывом связей основной цепи и образованием низкомолекулярных газообразных и жидких продуктов и коксующиеся. Образующиеся низкомолекулярные газообразные и жидкие продукты пиролиза могут быть горючими и негорючими.

Возгорание горючих газообразных продуктов пиролиза происходит при достижении нижнего концентрационного предела воспламенения. Во многих случаях наблюдается разрушение материала и вынос в газовую фазу твердых частиц с горячей поверхности полимера.

Горючесть полимерных материалов, в основном, зависит от соотношения теплоты, выделяемой при сгорании продуктов пиролиза, и теплоты, необходимой для их образования и газификации.

Для снижения горючести полимеров используют:

- 1) замедление реакций в зоне пиролиза снижением скорости газификации полимера и количества образующихся горючих продуктов;
- 2) снижение тепло- и массообмена между пламенем и конденсированной фазой;
- 3) ингибирование радикальноцепных процессов в конденсированной фазе при ее нагреве и в пламени.

Практически указанные направления реализуются путем использования химически модифицированных полимеров, в том числе с минимальным содержанием водорода в структуре, термоустойчивых (типа полиариленов и полигетероариленов), путем введения в состав полимерного материала минеральных наполнителей, антипиренов, нанесение огнезащитных покрытий, а также комбинацией этих методов.

Существует определенный разрыв между требованиями, предъявляемыми к горючести материалов, и требованиями, предъявляемыми к огнестойкости конструкций (изделий), изготовляемых из этих материалов. Материал может быть признан негорючим, а изделие из него – не огнестойкими, из-за резкого снижения эксплуатационных свойств. Огнестойкость конструкций определяют, как их способность выдерживать эксплуатационные нагрузки в условиях пожара в течение периода, называемого пределом огнестойкости.

Огнестойкость материалов, применяемых в конструкции, следует определять, как свойство материалов сохранять основные эксплуатационные характеристики при действии огня в течение указанного периода. При оценке огнестойкости полимерного материала, в отличие от его горючести, необходимо знать изменение прочностных, теплофизических и других свойств материала при горении с тем, чтобы иметь возможность оценить предел огнестойкости конструкции или изделия [5].

Таким образом, увеличение количества пожаров требует поиска путей снижения горючести современных строительных полимерных материалов, а также поиск рецептурных добавок, в том числе антипиренов, существенно влияющих на процесс горения. Токсичность выделяемых при горении продуктов, в свою очередь, обуславливает внедрение новых безопасных компонентов и разработку экологически безопасных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саруханов М.И. Горение полимерных композиционных материалов. – Сб-П. – Химия. 2013 г. – с. 340.
2. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Полимерные антипирены. – Т., ТашГТУ, 1996 г. – с. 298.
3. Климанов А.М. Огнестойкость зданий и сооружений. – М. МИТХТ. 2017 г.
4. Зубов В.П., Кириченко В.Д. Снижение горючести строительных конструкции. – М.Химпром. 2009 г. – с. 290.
5. Берлин А.А., Халтуринский Н.А. Огнестойкость полимеров и механизмы их горения. – М. Химия. – 2012 г. – с. 312.

FIRE- AND LIFE PROTECTION OIL AND GAS BRANCH THE REQUIREMENT OF TIME

Mirisaev A.U., Sattarov Z.M.

Tashkent institute architecture and civil engineering

Well-known, those questions of ecology and preservation of the environment for oil-and-gas branch are actual. Today there is no sharp necessity to prove, that a principle to use, more precisely, conditions of a natural-material life the societies formed its basis, are in essence already settled. Changes in the biosphere, growing out the vigorous activity of oil-and-gas branch in present century (rise in temperature of a surface of the Earth, global pollution of water, air and ground, desertification of a planet, pollution of the World Ocean, destruction ozone a layer), are known now to each person. Therefore, modern concepts of wildlife management should be based on principles harmonious optimization conditions of interaction of this branch with the nature [1].

Quality of an environment and the analysis of potential opportunities of its basic ecological components offer the precise organization of monitoring of system of supervision and the control over its condition. Thus toxicological aspects of the all-round analysis of an environment in conditions of modern ecological crisis get the special importance [2].

The all-round analysis of an environment provides an estimation of its ecological condition and influence on it of natural and anthropogenesis influences. Character of these influences is rather specific. A limiting parameter of a level of natural and anthropogenesis influences is the maximum-permissible ecological load which in many countries is established in connection with that normal functioning and stability ecosystems and biospheres are possible at no more the certain maximum loads on them. Change of a condition of biosphere under influence of production factors of oil-and-gas branch occurs in shorter time terms. Therefore with the purpose of measurement, estimation and the forecast of anthropogenesis changes abiotic making biosphere and response biots on these changes, and also the subsequent changes in ecosystems as a result of influences of oil-and-gas branch the information system of ecological monitoring is created.

The state ecological examination represents system of the state nature protection actions directed on check of conformity of projects, plans and actions in the field of a national economy and natural resources to requirements of protection of an environment from harmful influences.

The toxicological characteristic of technological processes of oil-and-gas branch demands a substantiation of recommendations on such change of manufacture to reduce quantity harmful half production or collateral connections or to exclude them, and medico-technical requirements to planning industrial premises, the equipment, the sanitary-engineering equipment, including clearing or disseminating, and – in case of need – to individual means of protection. Activization of industrial activity of oil-and-gas branch in modern conditions of wildlife management and global scales of its negative influence on the main making biospheres create the situation of sharp

ecological crisis caused by degradation of objects of an environment. In this connection for optimization of conditions of interaction of oil-and-gas branch with the nature important the role of the all-round analysis of a surrounding environment which main tasks is the complex estimation of an ecological reserve of biosphere and its potential opportunities to self-restoration and auto purification, the analysis of a wide spectrum of various types of influences on natural ecosystems and studying of specific features of these influences is represented. Last years the special importance and a urgency is got with toxicological aspects of the all-round analysis of an environment. A serious problem is the establishment threshold effect of toxicological influence in systems «toxicant – an environment» and «toxicant – an alive organism» and definition of dependence «a doze – response » which has served as an active impulse for development of a new direction in the ecology, based on fundamental bases toxicological, microbiology and the ecological chemistry, named ecotoxicological. The scientific importance ecotoxicological consists in studying modern representations of toxicity and carcinogenicity of elements and their connections, research of specific biogeochemical features of behavior toxicants an environment, the mechanism of their distribution and a metabolism; an establishment of interrelation between necessity and toxicity of elements; definition of localization of cancerogenic ions; To estimation of threshold effect of toxicological influence.

The concept threshold assumes high quality of environment and full safety for the person and any populations under condition of pollution of this environment below the certain level, which influence on any organisms less than some threshold value.

Parameters of negative influence of emissions of oil-and-gas branch on alive organisms are their toxicity and carcinogenicity. The quantity, at which chemical components become really dangerous to an environment, depends not only on a degree of pollution by them of hydrosphere or atmospheres, but also from chemical features of these emissions and from details of their biochemical cycle. Global carry toxicants occur through an atmosphere and the greater rivers bearing waters in oceans. The Earth, a box of the rivers, oceans serves as though as the tank for congestion toxicants. This or that limit up to which the atmosphere introduces toxicant either in the ground, or on a surface of ocean over a natural cyclic level, can be expressed by means of the factor of enrichment.

In order to prevent unnecessary, and at times and irreparable damage, to put to an environment, such influence on Wednesday should be planned carefully. Thus it is necessary to combine satisfaction of needs of the person due to the nature with active protection of an environment against consequences of human activity. As a rule, these purposes do not exclude each other though in some cases it is necessary to accept conciliatory proposals.

It would seem, today to all it is clear, that time of «conquest of the nature» has irrevocably passed, and the period of the deep, interested knowledge of its laws has begun. However in practice volumes of waste in republic grow in two-rub times more quickly, than volumes of manufacture and a population. The avalanche of waste pollutes the nature; their harmful toxic components litter the ground, air, the rivers, the seas and lakes. The reason is covered in momentary benefit for manufacture. But the reasonable person should not consider as benefit destruction of all alive, «mad

fire» resources, not only the, but also belonging the future generations. Hence, has come to change radically time the approach to concept of advantage when it is a question of wildlife management.

Position becomes complicated that sphere of consumption in much smaller degree, than the sphere of manufacture, gives in to economic regulation. The sphere of consumption is always focused on the concrete people living according to numerous national traditions, features of regions, a level of culture, etc.

Thus, achievement of rational use of resources in sphere of consumption – a challenge and its decision can be reached by means of the measures conditionally divided into two basic groups. The first unites the measures undertaken in branches of public service (economic regulation), the second – the measures of educational character directed on development at each citizen of the conscious attitude to consumed resources (regulation by education). In practice, these measures have complex character, mutually supplementing each other. Introduction of new technical decisions by means of which the economy of resources is reached, should be accompanied by their propagation and creation of conditions for wide use.

For the decision of a question of rational wildlife management, it is necessary to adjust the careful account of all spent water and operatively to eliminate technical malfunctions in systems of maintenance of the energy carrier (gas, gasoline). That opportunities for this purpose are, significant distinctions in a consumption level of energy between various cities and regions of republic, and also the reached consumption level of energy in a number of the developed states testify.

For the decision of the set forth above problems of economy of our republic on department «Building materials and chemistry» Tashkent institute architecture and civil engineering, the centre of science on maintenance of ecological and industrial safety of the industrial enterprises of all branches of our republic is created. The center of science renders the necessary competent and practical help at the decision of various problems both natural, and ethnogeny character, and develops necessary recommendations under their decision.

REFERENCES

1. Cat M., Wolf O. M. Fire-prevention actions on oil reference planes. – M.: Stroyizdat, 2005. – 111 s.
2. The Coachman's seat V. A. "Guard of the air ambience on chemical and petrochemical enterprise": – M., Chemistry, 2002, – s.245.

ОГНЕ-И ЖАРОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ С ДОБАВКАМИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Мухамедов Н.А., Касимов И.У.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Во всем мире проводятся научные исследования по совершенствованию технологии производства огне- и жаропрочных композиционных

портландцементов и бетонов на их основе, в том числе по следующим приоритетным направлениям: разработка новых составов композиционных сырьевых смесей; экономия природных сырьевых ресурсов и применение вторичных сырьевых материалов; разработка энергоэкономичных технологий обжига клинкера; создание состава активных минеральных добавок, обеспечивающих ресурсосберегающую технологию производства портландцемента; разработка технологий производства новых составов добавочных, пуццолановых и цветных портландцементов [1].

В результате проведенных исследований установлены физико-химические основы формирования цементного камня; определение степени формирования новых минералов при обжиге сырьевых смесей с участием вторичных сырьевых ресурсов; изучены причины возникновения эндо- и экзо-эффектов в процессе низкотемпературного обжига портландцементного клинкера; предложено применение вулканических горных пород в качестве активных минеральных добавок при производстве портландцемента.

Вместе с тем, также проводятся научно-исследовательские работы по разработке новых составов композиционных добавок на основе различных видов вторичных сырьевых ресурсов; по производству клинкеров на основе сталеплавильных шлаков и отходов горно-обогатительной отрасли; изучению физико-механических и технологических свойств добавочных цементов; изучению структуры наноцементов для газобетонов; снижению себестоимости малоэнергоемких клинкеров и цементов; разработке энерго- и ресурсосберегающих технологий композиционных цементов [2].

В этом контексте, спектр проводимых нами научных поисков охватывает широкий диапазон исследований по формированию составов широкого ассортимента композиционных добавок с участием различных минеральных ингредиентов и добавки механо-химически активированной смеси «золошлак Ново-Ангренской ТЭС+фосфогипс» («МНА-1»), подбору оптимальных составов композиционных добавок на основе различных традиционно используемых минеральных добавок с участием добавки «МНА-1» [3].

В этой статье приводятся результаты исследований по разработке и применению в качестве добавок к портландцементу композиционных добавок, включающих «МНА-1+глиеж», «запечный пыл +МНА-1», «глиеж + запечный пыл +МНА-1», «глиеж + диабаз + МНА-1», для производства огне- и жаропрочных бетонов.

Установлено, что техногенные образования в виде горного массива Куйташ, находящиеся на территории Навоинского горно-металлургического комбината, по внешнему виду и химическому составу ($\text{SiO}_2 - 55,55\%$ и $\text{Al}_2\text{O}_3 - 13,34\%$) можно отнести к глиежеподобной породе, гидравлическая активность которой по критерию Стьюдента составила $t=33,8$, что больше его регламентируемого по НД значения $2,07$. Содержание SO_3 в композиционных добавках колеблется в пределах от $3,77\%$ до $8,06\%$, что указывает на возможность их использования для получения опытных портландцементов с композиционными добавками без применения гипса. Дальнейшие исследования по получению портландцементов с активированными добавками нового поколения проводились с применением

добавок АД3, АД4 и АД5, для приготовления которых в качестве матрицы использовали клинкер АО «Кызылкумцемент». Установлено, что введение 15 и 20% АД ускоряет процесс измельчения шихты для получения композиционных портландцементов. Этим объясняется уменьшением доли твердой клинкерной составляющей в портландцементе за счет ее замены дисперсной композиционной добавкой «МНА-1+глиеж». В зависимости от количества введенной в цемент композиционной добавки содержание SO₃ колеблется в пределах от 1,52 до 2,07 %.

Физико-механические характеристики портландцементов механохимической активированной добавкой «МНА-1+глиеж» приведены в табл.1. Установлено, что ПЦ с композиционными добавками характеризуются сроками схватывания, значения (начало – от 3 h 35 min до 5 h 15 min, конец – от 5 h 15 min до 7 h 10 min.) которых соответствуют требованиям (ГОСТ) O'z DSt 2830:2014, п. 5.1.5.

Таким образом, установлена возможность использования механохимической активированной добавки «МНА-1» и глиежа при их соотношении 60÷80 масс. % и 40÷20 масс. % соответственно в качестве композиционной добавки при производстве общестроительных цементов ПЦ 400–АД20 без применения гипсового камня при сохранении их марочной прочности. По значениям гидравлической активности все опытные ПЦ с добавками «МНА-1», несмотря на уменьшение клинкерной составляющей от 15 до 20%, и при 100%-ной экономии природного гипсового камня, обеспечивают марку 400 по (ГОСТ) – O'z DSt 2830:2014.

Наращение прочности ПЦ с АД, содержащими «МНА-1», происходит неравномерно. В начальные сроки твердения наращение прочности опытных ПЦ происходит довольно интенсивно, к 7-суткам (60-73) % марочной прочности. В дальнейшем процесс твердения замедляется и к 28-суткам исследуемые портландцементы увеличивают свои показатели прочности на (27-40) %, набирая при этом 100 % марочной прочности, т.е. марки 400.

Таблица. Показатели прочности ПЦ с КД «МНА-1 + глиеж».

Условное обозначение	В/Ц раствора состава 1:3	Расплав конуса, мм	Предел прочности, МПа, при изгибе и сжатии в возрасте				Марка цемента
			7 d		28 d		
			Ризг.	Рсж.	Ризг.	Рсж.	
ПЦ-Д0	0,384	115	5,3	24,8	6,1	39,80	400
ПЦ АД3-20	0,376	113	5,4	29,4	6,2	40,2	400
ПЦ АД4-15	0,376	115	5,0	24,8	5,7	39,4	400
ПЦ АД4-20	0,376	114	5,7	26,9	6,2	42,6	400
ПЦ АД5-15	0,384	115	5,5	29,4	6,2	44,6	400
ПЦ АД5-20	0,380	115	5,5	21,4	6,2	44,6	400

В дальнейшие сроки процесс химического взаимодействия и твердения в системе «молотый клинкер – механохимической активированной добавка» продолжается плавно, к возрасту 180 сут гидратные продукты, образующиеся в реакционной среде, уплотняя, упрочняют цементный композит, в результате чего

показатели прочности искусственного конгломерата на 11-13% превышают проектные показатели их марочной прочности. Такое изменение прочности исследуемых составов ПЦ с АД во времени объясняется, возможно, различием их минералогического состава и матричного ПЦ. Однако, различие заключается в том, что прочность камня на основе ПЦ-Д0 во все сроки ниже, чем у ПЦ с новыми АД «МНА-1+глиеж». Состав цемента ПЦ АД5-20, полученного совместным помолом портландцементного клинкера и 20% добавки «МНА+глиеж», полученного путем смешивания 80 % МНА-1 и 20 % глиежа, является оптимальным.

По полученным экспериментальным данным видно, что сроки схватывания цементов ПЦ-АДШ-5, ПЦ-АДБ-5, ПЦ-АДБ-10 не соответствуют требованиям НД. В связи с этим, для изучения физико-механических свойств выбран состав ПЦ-АДШ-10 (состав № 3), прочность которого через 28 сут нормального твердения на 6-7% ниже (40,3 МПа), чем у ПЦ-Д0 (43,3 МПа). Проведенные огневые испытания полученных строительных конструкции, модифицированные добавками нового поколения, показали, что они выдерживают высокие температурные нагрузки, и их можно рекомендовать к применению при строительстве категорированных объектов, таких как АЭС, ТЭС, нефтехранилищах, газо-нефтезаправочных станции и др.

На основе выданных рекомендаций на АО «Кызылкумцемент» намечается серийный выпуск ПЦ400-АД20 путем замены в цементе 20% высокотемпературной клинкерной составляющей композиционной добавкой, включающей 10% «МНА-1» и 10% запечной пыли.

Таким образом, разработаны механо-химически активированные добавки для цемента с оптимальным сочетанием и соотношением компонентов: «диабаз+запечная пыл+МНА-1» и «глиеж+диабаз+МНА-1», ввод которых в цемент обеспечивает 20-30% замену клинкера и получить огне- и жаропрочные портландцементы марок ПЦ400-Д20, ПЦ 400-АД30 и ПЦ 300-АД30 и соответственно железобетонных строительных конструкции, специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабакулова Н.Б. «Некоторые проблемы повышения огнестойкости и жаростойкости бетонов». Сборник межд. научно-технической конференции «Булатовские чтения», Краснодар (Россия), 31 марта, 2019 г. – с.41-44.
2. Касимов Э.У. Архитектурное материаловедение. Ташкент, ТАСИ, 2016 г. с.23-29.
3. Кадиров Р.Н. Разработка огне- и жаропрочных бетонов. Сборник республиканской научно-технической конференции «Актуальные проблемы производства качественных строительных материалов». Ташкент, МЧС РУз, 28-августа, 2019 г.

РАЗРАБОТКА ОГНЕБИОЗАЩИТНОГО СОСТАВА ИЗ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ

Нурузова З.А.¹, Абдукадиров Ф.Б.²

¹Ташкентская медицинская академия

²Ташкентский архитектурно-строительный институт

Главным недостатком деревянных строительных конструкций является их высокая пожарная опасность. При возникновении пожара на объекте с применением древесины и материалов на ее основе появляется возможность его быстрого распространения и увеличивается вероятность гибели людей от комплексного воздействия таких опасных факторов, как высокая температура окружающей среды, дым, токсичность продуктов сгорания [1-2]. По статистическим данным в мире в 2019 году произошло более 25 тысяч пожаров и погибло свыше 30000 человек. При этом более 90 % пожаров произошло в жилом секторе, 25 % пожаров и 35 % гибели людей – в сельской местности. Как известно, самое широкое применение деревянные конструкции находят именно в этих сегментах строительной отрасли.

Не менее значительной проблемой применения древесины в строительстве является ее склонность к биоразложению. При благоприятных для микроорганизмов и насекомых условиях разрушение конструкции может произойти достаточно быстро, в течение нескольких лет. При этом основным фактором, определяющим развитие грибов является температурно-влажностный режим эксплуатации. Эти проблемы можно эффективно решать применением пропиточных составов поверхностного нанесения с комплексом защитных свойств – огнебиозащита. Такие составы сейчас активно внедряются в практику. Сравнительный анализ свойств современных огнезащитных составов показал, что имеется ряд недостатков. К основным из них относятся: улетучивание, миграция на поверхность, растворение, низкая биозащитная или влагозащитная способность, высокая стоимость, необходимость применения дополнительных покрытий. Устранение вышеуказанных недостатков можно лишь применением высокомолекулярных огнезащитных составов.

Методы испытания горючести, дымообразующей способности и токсичности, выделяющихся при горении древесины газов различны. На практике дымообразующую способность древесных материалов оценивали по максимальной величине оптической плотности дыма в расчете на единицу площади образца, по методу ASTM E-662. Эти испытания были проведены в лаборатории «Термодинамика процессов горения» Университета КЕИО (Япония), который рекомендует применять оптоэлектронные испытания материалов (ISO 5660-1 и ISO 5659 соответственно). Для оценки огнестойкости полимеров применяли также метод “керамической трубы” (ШНК 2.01.02-04). Исследована способность составов на основе олигомеров фосфористой кислоты и эпигалогенийфосфатов повышать огнезащищенность древесины в зависимости от строения олигофосфатов, концентраций компонентов

и расходов готовых растворов. Был применен также термогравиметрический анализ образцов на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдеи [3]. В качестве объекта исследования были применены образцы различной древесины. Определение показателя токсичности проводили газохроматографическим и аналитическим методом по ШНК 2.01.02-04. При испытании локальный источник зажигания не использовали. Влажность образцов колебалась в пределах 4-9 %. Огнестойкость определяли одним из общепринятых экспресс-методов, т.е. методом «огневая труба».

В результате исследований, было установлено, что фосфорорганические соединения, являющиеся эффективными антипиренами и биоцидами, способны поверхностно модифицировать древесину не только в «мягких» условиях, но и в жестких условиях, а также выступать в качестве проводника для взаимодействия древесины с другими компонентами пропиточных составов, в т.ч. с фосфорсодержащими органическими гидрофобизаторами. Это позволило предположить, что возможно создание такого пропиточного состава на основе фосфор- и эпигалогенийорганических соединений, с учетом прохождения химического взаимодействия между ними и поверхностным слоем древесины, который будет обладать длительным комплексным защитным эффектом.

Целью проведенных нами исследований является разработка эффективного огнебиозащитного пропиточного состава для древесины на основе фосфор- и эпиганийорганических соединений, обеспечивающих химическую модификацию ее поверхностного слоя.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо было решить следующие основные задачи, основным из которых является выбор фосфор- и эпигалогенийорганических соединений, обеспечивающих химическое модифицирование поверхностного слоя древесины в «мягких» и «жестких» условиях и высокие огнебиозащитные свойства.

В качестве гидрофобизаторов были выбраны олигоорганосилоксаны, один из которых, полиэпихлоргидрин, является реакционноспособным и способен вступать в химическое взаимодействие с фосфористой кислотой и древесиной.

В качестве фосфорсодержащего компонента мы использовали фосфористую кислоту, полученную на основе фосфогипса – отхода АО «Махам-Аммофос». Обнаружено, что при смешении полиэпихлоргидрина с фосфористой кислотой, как в массе, так и в среде органических растворителей в широком интервале температуры, образуются высокомолекулярные вещества, которые не содержат свободных молекул мономеров.

Закономерности полимеризации полиэпихлоргидрина с фосфористой кислотой (ФК) изучали при эквимольных соотношениях исходных компонентов в интервале температур 333-373К в течение 300 минут. Протекание процесса полимеризации контролировали потенциометрическим титрованием кислотных групп. Поскольку изменение приведенной вязкости являются прямым результатом описываемых процессов, то количественная оценка двух этих факторов и послужила методом определения скорости полимеризации полиэпихлоргидрин и ФК.

Параметры нанесения для эпигалогенийорганических соединений были выбраны на основании анализа работ по поверхностной модификации древесины. Оптимальная концентрация эпигалогенийорганических соединений (ЭОС) в растворе гексана – 5%. С учетом того, что достаточно одного слоя для достижения гидрофобного эффекта, расход составил 100 г/м². В результате установлено, что II группа огнезащитной эффективности достигается для концентраций ФК+ЭОС 10, 20 и 40% при расходах готового раствора 500, 300 и 200 г/м² соответственно. I группа достигается при концентрации 20 и 40% и расходах готового раствора 700 и 400 г/м² соответственно. Из комплексных составов наибольшим огнезащитным эффектом обладает рецептура на основе фосфористой кислоты и полиэпихлоргидрина. Потеря массы – 28% при 200°C, что соответствует I группе огнезащитной эффективности. Проведены исследования пожароопасных свойств древесины, ее био- и влагостойкости в присутствии фосфор-и эпиорганических соединений.

В результате исследования токсичности продуктов сгорания древесины было установлено, что в присутствии разработанных пропиточных составов токсичность продуктов горения (на основании концентрации СО) несколько увеличивается. При этом группа материала по токсичности по ШНК 2.01.02-04 продуктов горения не изменяется – ТЗ (высокоопасные материалы). Для древесины в присутствии разработанных составов характерно увеличение времени достижения максимальных концентраций СО и СО₂ на 8-10 мин. и обработанной огнезащитными составами от плотности теплового потока. Результаты исследований влагопоглощения и водопоглощения древесины в присутствии разработанных составов показали, что применение только фосфорорганических соединений не снижает влаго- и водопоглощение древесины. Применение составов ФК+ЭОС приводит к снижению влагопоглощения и водопоглощения на 30-50 %. Исследования биостойкости древесины в присутствии разработанных пропиточных составов проводились в различных условиях эксплуатации. В результате лабораторных испытаний установлено, что контрольные образцы обросли грибами на 77%, на них наблюдается интенсивное развитие мицелия всех видов тесткультур грибов и спороношение. Биостойкость древесины в присутствии составов ФК+ЭОС оценена в 100%. На образцах в присутствии только эпиганийорганических соединений видны 1-2 очага неразвитого мицелия *Penicillium*. Испытания в условиях сухого летнего климата показали, что контрольные образцы обросли грибами на 30 %, имеются повреждения термитами. Все образцы, обработанные пропиточными составами ФК +ЭОС показали 100 % стойкость к воздействию микроорганизмов. Испытания по оценке долговечности защитного действия разработанных составов проводились по методикам, разработанным сотрудниками кафедры «Микробиология» Ташкентской государственной медицинской академии. В их основу положены атмосферостойкость и биостойкость материала в результате ускоренных испытаний в камере тепла и влаги Г-4. По результатам обследования поверхности образцов древесины было установлено, что в присутствии разработанных пропиточных составов защитный эффект может сохраняться до 25 лет при использовании в нормальных условиях.

В результате проведенных исследований, в качестве основы для разрабатываемого состава была выбрана огнезащитная композиция на основе фосфористая кислота и полиэпихлоргидрина. Сравнительный анализ разработанного нами нового состава с промышленными составами показало, что состав на основе ФК и ПЭХГ по основному показателю – расходу состава для достижения необходимой био-и огнезащитной эффективности превосходит большинство современных составов.

Таким образом, разработанный состав является эффективным и по ряду характеристик превосходит современные антипирены с заявленным комплексным эффектом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович А.А. Горение древесины; – М; Химия. 1992 г. – 342 с.
2. Мухамедгалиев Б.А., Мирзоитов М.М. Горение и снижение горючести
3. Jonson R., Fenimore D. Fire and flammability woods// Jour.Amer.chem.soc. A3, 1999 – p.460-467.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПЯТСТВИЙ НА ПАРАМЕТРЫ ВЗРЫВА ПРОПАН-БУТАНОВОЙ СМЕСИ В МАКЕТЕ ТОННЕЛЯ

Первенов Э.Э., Сулименко В.А.

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Транспортировка опасных грузов различных классов и сжиженных углеводородов в эксплуатируемых тоннелях с каждым годом постоянно увеличивается. Наряду с этим и возрастает число строящихся тоннелей и всевозможных транспортных развязок. Транспортная логистика является важной составляющей экономической системы государства, обеспечивающей экономический рост. Один из ключевых аспектов транспортной отрасли Российской Федерации – это обеспечение безопасности транспортной системы.

Так, например, 24 марта 1999 года в тоннель под Монбланом на границе Италия – Франция въехал грузовик с 9 тоннами маргарина и 12 тоннами муки. Заметив белый дым из двигателя, водитель остановился у аварийного убежища с жаропрочными дверями. Погибло 39 человек. Нулевая видимость, отсутствие возможности развернуться, ядовитый дым сделали свое дело. Не менее ужасная катастрофа произошла 24 мая 2017 года в результате взрыва в автомобильном тоннеле на трассе между городами Чжанцзякоу и Шицзячжуан Китая. Погибло 12 человек, а причиной катастрофы стало столкновение бензовоза с другим грузовиком.

Анализ аварийных ситуаций показал, многочисленные пожары и другие чрезвычайные ситуации, имевшие место во многих странах мира, дают основание охарактеризовать транспортные тоннели как «объекты повышенного риска» не только для людей, находящихся под землей в замкнутом и узком пространстве

и зачастую не подготовленных к действиям по своему спасению, но и для служб, осуществляющих тушение пожара и ликвидацию чрезвычайной ситуации. Пожарная опасность тоннелей характеризуется: пониженным содержанием кислорода, повышенной температурой, отсутствием видимости вследствие плотного задымления, быстрым распространением пламени в обе стороны, невозможностью развернуть автотранспортные средства, сложность развертывания сил и средств пожарно-спасательных и медицинских подразделений.

Для экспериментального исследования параметров аварийного взрыва и их зависимости от наличия и вида препятствия на пути распространения фронта пламени была проведена серия опытов на лабораторной установке, показанной на рисунке 1. [1]

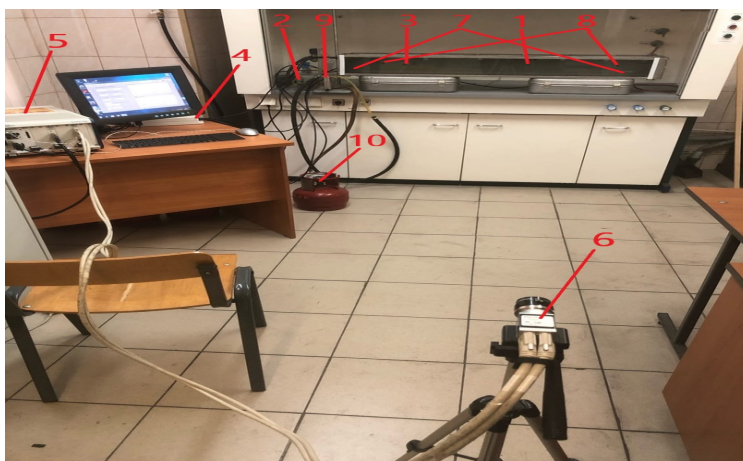


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования параметров внутреннего взрыва газоздушных смесей: 1 – взрывная камера; 2 – устройство для подачи газа; 3 – искровой источник зажигания; 4 – терминальный блок NI SCC-68; 5 – вычислительный контроллер управления и сбора данных NIPXI-8133; 6 – цифровая высокоскоростная камера Basler acA2000-340km (до 1400 кадров/с); 7 – датчики давления Honeywell Acton MA 01720; 8 – вольфрамниевые микротермопары; 9 – газовый ротаметр DWYER RMA-23-SSV; 10 – баллон с пропан-бутановой смесью

В ходе проведения экспериментальных исследований контролируются и регистрируются следующие параметры: давление взрыва, как функцию времени; скорость нарастания давления взрыва от времени; температуру от времени в двух точках взрывной камеры; процесс распространения пламени; линейную скорость распространения пламени от времени.

Пропан-бутановая газоздушная смесь часто является причиной внутренних аварийных взрывов в тоннелях при эксплуатации личных автотранспортных средств и газовозов-автоцистерн [2]. На данный момент пропан-бутановую смесь повсеместно используют в качестве моторного топлива. Исследование проводили в макете тоннеля длиной 1,2 м с сечением 0,15x0,15 м. Зажигание смеси производили с задержкой после запуска горючего газа в макет помещения 300 с. Зажигание смеси производили с различными видами и расположениями препятствий на пути распространения пламени. В качестве препятствий были использованы различные подручные средства,

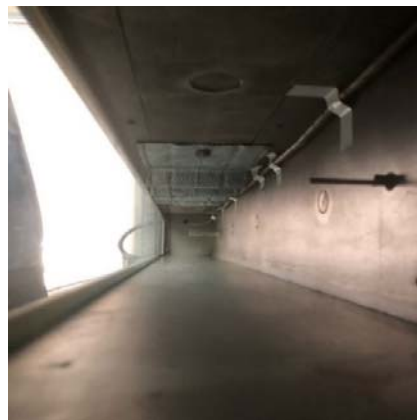
моделирующие препятствия в реальных тоннелях. Газовая смесь равномерно распределена по всему объему взрывокамеры.

Взрывной процесс в макете тоннеля рассматривали при следующих условиях, представленных на рисунках 2,3,4,5.

- 1) Взрыв по гладкой поверхности (без препятствий на пути фронта пламени);
- 2) Взрыв при наличии ребристого потолка;
- 3) Взрыв при наличии легковых и грузовых автомобилей;
- 4) Взрыв при наличии поворота и разъезда в тоннеле;
- 5) Взрыв при наличии смоделированной решетки вентиляции в виде ячеистой структуры.



а



б

Рис. 2. Эксперимент с ребристым потолком



а



б

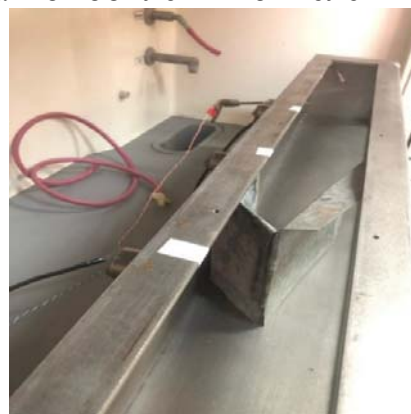


в

Рис. 3. Эксперимент с нахождением автомобилей в тоннеле



а



б

Рис. 4. Эксперимент с разъездом и поворотом в тоннеле

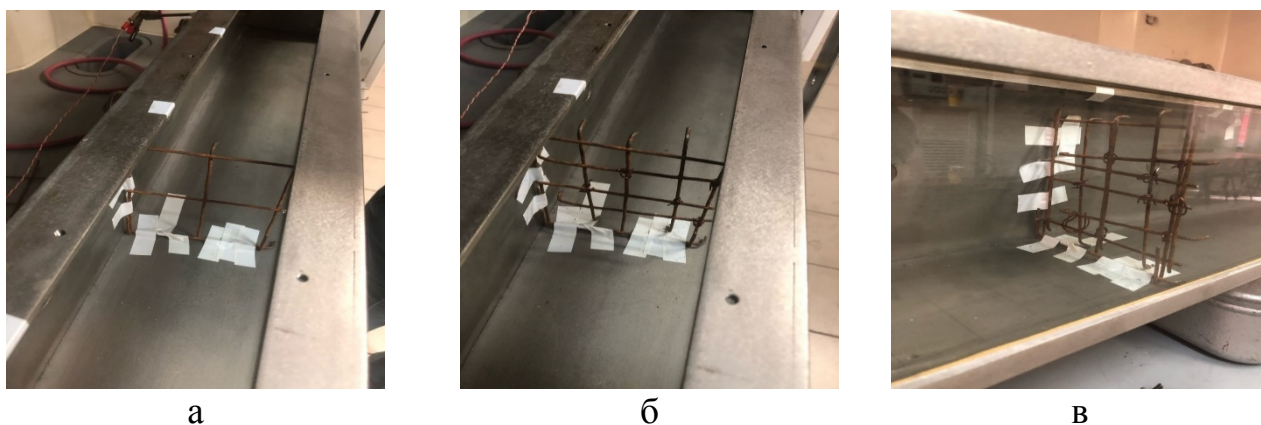


Рис. 5. Эксперимент ячеистой структурой решетки вентиляции в тоннеле

На рисунках 6,7,8,9 показаны значения параметров внутреннего аварийного взрыва.

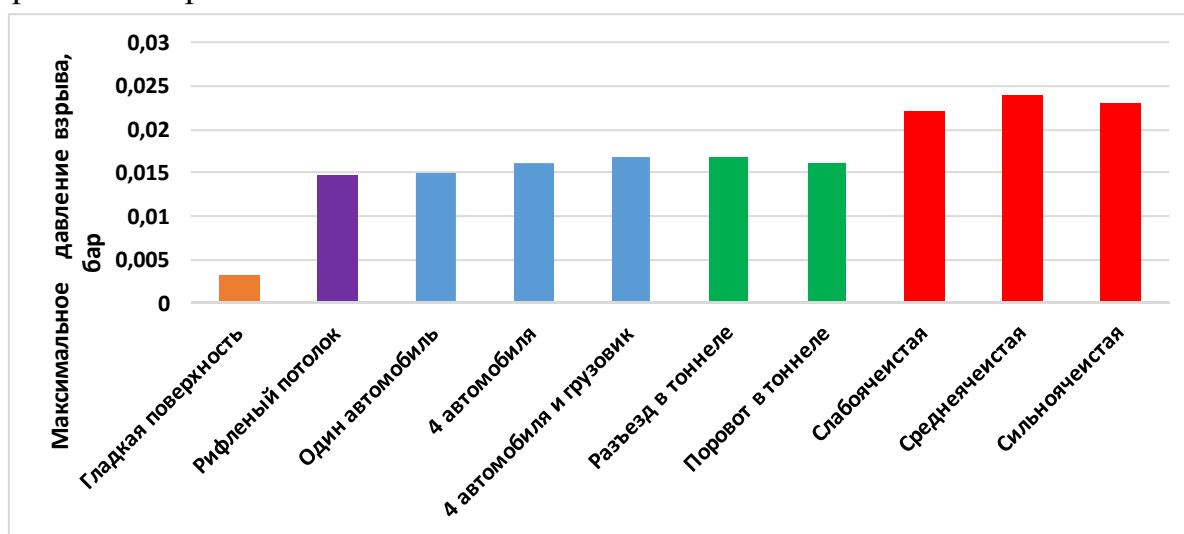


Рис. 6. Максимальные значения давлений взрыва

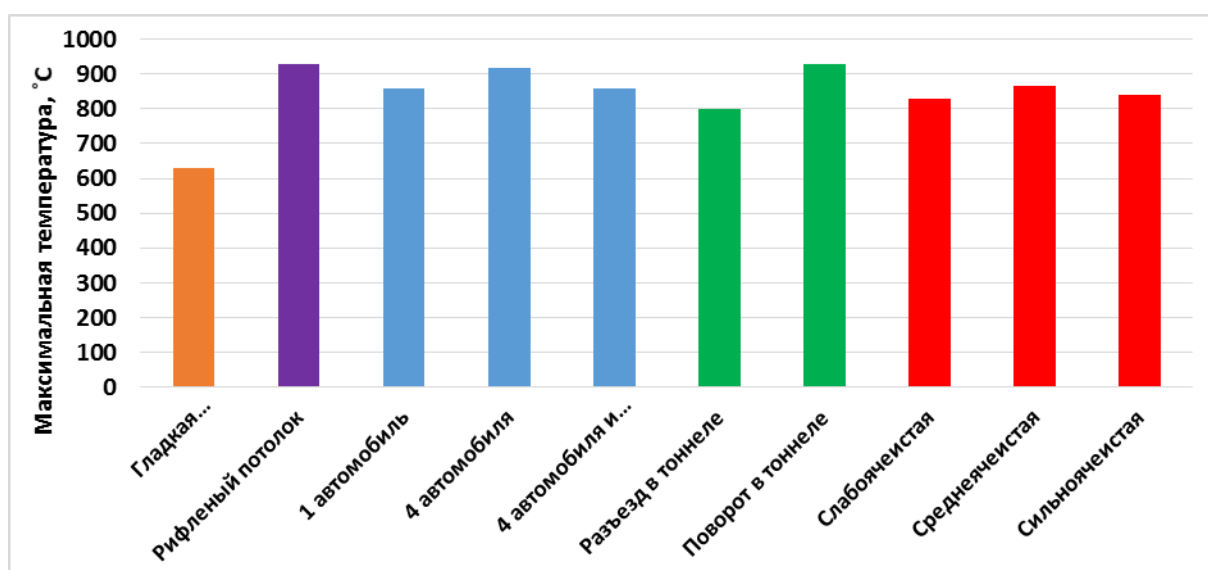


Рис. 7. Максимальные значения температуры

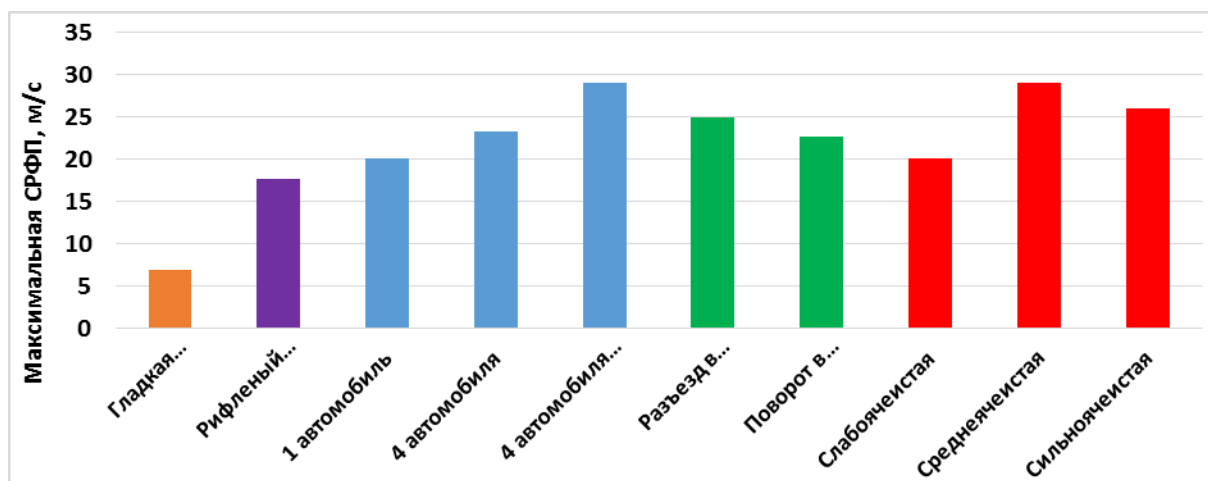


Рис. 8. Максимальные значения скорости распространения фронта пламени

Наблюдается четкая зависимость: при увеличении числа автомобилей и их габаритов, повысятся и параметры взрывного процесса в тоннеле; повороты и разъезды в тоннелях также приводят к повышению параметров взрыва; рифленый потолок турбулизирует взрывной процесс.

Однако сравнивая ячеистые структуры смоделированной вентиляционной решетки, отмечается, что формы и размеры отверстий в преграде оказывают влияние на параметры взрыва: у сильноячеистой структуры давление взрыва и СРФП за препятствием оказалось меньше, чем у среднеячеистой структуры. Можно сделать вывод, что: чем меньше размеры ячеек, тем больше взрывоподавляющий эффект у смоделированного перфорированного проницаемого препятствия.

Таким образом при достижении фронтом пламени выступающих поверхностей или конструкций, наблюдается турбулизация процесса горения, которая сопровождается резким увеличением поверхности фронта пламени вследствие завихрений во фронте распространяющейся волны и параметров внутреннего взрыва. Проведенные эксперименты, моделирующие наличие препятствий, их вид и количество на пути развития взрывного процесса, показывают, что препятствия являются турбулизаторами режима горения, то есть одной из причин интенсификации горения. В свою очередь, это приводит к резкому увеличению давления взрыва, скорости его нарастания, температуры и скорости распространения фронта пламени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров А.А. Основы обеспечения взрывобезопасности объектов и прилегающих к ним территорий: учеб. пособие / – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015.
2. Хуснутдинов Д.З. Аварийные взрывы газоздушных смесей в атмосфере: монография; М-во образования и науки Росс. Федерации, МГСУ Москва: МГСУ, 2014.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДЫМОУДАЛЕНИЯ В АТРИУМНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Родевич Е.А., Осяев В.А.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В современных строительных нормах [1,2,3], содержащих требования по обеспечению пожарной безопасности, методики расчетов противодымной защиты представлены в объеме, недостаточном для решения вопросов проектирования, экспертизы, строительства и эксплуатации атриумных зданий.

Основной задачей решения существующей проблемы является создание оптимальных условий для того, чтобы людям хватило времени покинуть здание во время пожара. Для этого пространство атриума должно поддерживаться свободным от токсичных продуктов горения и дыма в течение того времени, пока осуществляется эвакуация людей. Фактическая интенсивность (скорость) удаления дыма и токсичных продуктов горения зависит от объемно-планировочных решений и геометрических размеров, а также может варьироваться, притом, в довольно широком спектре. Соответственно, каждая система дымоудаления для атриумов должна проектироваться с учетом их индивидуальных особенностей, что не предусматривается действующими методиками расчетов противодымной защиты. Физически обосновывается это тем, что общий подход расчета систем дымоудаления основан на интегральной модели пожара, применимой для помещений высотой до 6 метров [4]. Так как помещение атриума имеет высоту как минимум в несколько раз превышающую 6 метров, то на начальной стадии пожара интенсивность тепловыделения очага горения недостаточна для формирования устойчивой конвективной колонки и равномерного заполнения помещения дымом (начиная от потолка), вследствие чего будет наблюдаться более быстрое задымление в верхней части атриумного пространства. В связи с этим адаптация общих подходов расчета систем дымоудаления для атриумных пространств является актуальной и требует проведения научных исследований.

Наиболее эффективным методом является проведение эксперимента в атриумном помещении, однако это потребует больших денежных затрат. Поэтому на первоначальном этапе исследования предлагается провести компьютерное моделирование начальной стадии пожара, получить данные по динамике задымления и оценить эффективность работы системы дымоудаления рассматриваемого помещения.

Компьютерное моделирование предлагается проводить с помощью программного комплекса FDS, основанного на дифференциальной (полевой) модели пожара. Полевой метод является наиболее универсальным из существующих детерминистических методов. Он основан на решении уравнений в частных производных, выражающих фундаментальные законы сохранения в каждой точке расчетной области.

В качестве объекта для компьютерного моделирования выбрано атриумное пространство торгово-развлекательного центра «Palazzo», расположенного по адресу г. Минск, ул. Тимирязева, 74А. Здание центра содержит в своей планировке атриумное помещение высотой 25,55 м, разделенное горизонтально на 4 уровня. Атриум оборудован системой дымоудаления, а также устройствами горизонтального деления атриумного пространства на дымовые зоны.

В качестве ожидаемого результата компьютерного моделирования планируется оценить эффективность работы системы дымоудаления атриумного пространства торгово-развлекательного центра «Palazzo» и, при необходимости, предложить мероприятия по ее совершенствованию. Также, основываясь на выводе о результатах моделирования, планируется дать предложения по адаптации общих подходов расчета систем дымоудаления для атриумных пространств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Противодымная защита зданий и сооружений при пожаре. Системы вентиляции. Строительные нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : Технический кодекс установившейся практики, ТКП 45–4.02–273–2012*. – Введ. 01.06.2013 // Стройдок Online. – Минск, 2021.
2. Рекомендации АВОК. Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий: Р НП «АВОК» 5.5.1–2014 – Введ. 27.01.2014. – Москва: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС»: НП «АВОК», 2014. – 45 с.
3. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий. Методические рекомендации к СП 7.13130.2013. – Введ. 30.01.2013. – Москва: ВНИИПО, 2013 – 58 с.
4. Кошмаров, Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие / Ю.А. Кошмаров. – Москва : Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
5. Калюта В.В. Моделирование динамики распределения опасных факторов пожара по высоте горящего помещения на начальной стадии пожара / В.В. Калюта, В.А. Осяев // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве: сборник материалов V международной заочной научно-практической конференции, Минск: УГЗ, 20 декабря 2018 г. Орг.ком. И.И. Полевода [и др.] – Минск, УГЗ, 2018. – С.53-54.
6. Калюта В.В. Моделирование динамики распределения температуры по высоте горящего помещения на начальной стадии / В.В.Калюта, В.А.Осяев // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сборник материалов XIII международной научно-практической конференции молодых ученых. – Минск: УГЗ, 3-4 апреля 2019 г. Орг.ком. И.И.Полевода [и др.] – Минск, УГЗ, 2019. – С.65.

ВЛИЯНИЕ НАДМОЛЕКУЛЯРНОГО СТРОЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ЕЕ ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рахимбабаева М.Ш., Камалова Д.М.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Целлюлозе, как и другим волокнистым материалам свойственны некоторые недостатки, основным из которых является повышенная горючесть и низкая огнестойкость. Приоритетным направлением в области химии и технологии хлопковой целлюлозы в настоящее время является разработка огнестойких целлюлозных материалов на основе безотходной, экологически чистой и ресурсосберегающей технологии, позволяющей получить импортозамещающих продуктов [1].

Известно, что в Узбекистане в настоящее время функционируют два крупных химических предприятия по производству ацетатов целлюлозы и волокон на их основе с мощностью 15 тыс. тонн в год каждый. Основным сырьем для этих предприятий является древесная целлюлоза, завозимая из стран СНГ за валюту. С приобретением независимости Республики Узбекистан и разрывом экономических связей между республиками бывшего Союза завоз древесной целлюлозы резко сократился, и эти предприятия работают в неполную силу [2].

В этом аспекте, разработка огнестойких целлюлозных материалов на основе безотходной, экологически чистой и ресурсосберегающей технологии на базе местного сырья и промышленных отходов, с целью получения хлопковой целлюлозы для дальнейшей химической переработки, в частности для ацетилирования, является весьма актуальной задачей.

Настоящая проблема актуальна также и тем, что в настоящее время в Республике функционирует завод по производству хлопковой целлюлозы, где можно промышленно освоить разработанные технологии по получению огнестойких целлюлозных волокон.

Как известно, такие характеристики целлюлозы как степень полимеризации (СП), молекулярно-массовое распределение (ММР), плотность, сорбция и другие связаны с ее надмолекулярной и морфологической структур. В производстве искусственных волокон присутствие гель-частиц в прядильных растворах и их количество оказывают отрицательное влияние на процессы фильтрования прядильного раствора и формирования волокна. В свою очередь, наличие гель частиц, их количества и форма непосредственно связаны с надмолекулярной структурой целлюлозы. В связи этим, является необходимым исследование особенностей надмолекулярной структуры и молекулярных характеристик целлюлозы, предназначенной для химической переработки для оценки ее реакционной способности к эфиообразованию, а также для получения прядильного раствора с меньшим содержанием гель-частиц, предназначенных для формования волокон и пленок [3].

Целью данного исследования является установление количественной зависимости СП, ММР, содержание гель частиц в растворах некоторых технических целлюлозы от их надмолекулярной и морфологической структур.

Объектами исследования служили: хлопковая целлюлоза, целлюлоза фирмы “Бакай” для вискозообразования, древесная целлюлоза (хвойная) полученная сульфатным способом варки и предназначенная для производства кордных волокон [4].

Образцы целлюлозы были изучены методами электронной микроскопии, рентгенографии, вискозиметрии, турбодиметрии и сорбции паров воды. Количества геля частиц в прядильных растворах были определены на оптическом приборе, созданном для отчета макро геля частиц в растворах ацетилцеллюлозы. В качестве растворителя был использован кадоксен. При турбидиметрическом титровании, использованном для количественной оценки молекулярной неоднородности и ММР образцов целлюлозы, применялась система: растворитель – кадоксен, осадитель – н-пропиловый спирт +50% этилендиамин (9:1). Величины сорбции паров воды измеряли гравиметрическим методом на весах Мак-Бена при 250°С.

Электронно-микроскопические фотографии поверхностной структуры, внутренних фибриллярных участков и гидролизованных препаратов исследуемых образцов целлюлозы существенно отличаются между собой как показано рис 1.

Из микрофотографии видно, что поверхность целлюлозных волокон полностью очищена от не целлюлозных спутников. У значительной части волокна удалена первичная стенка и четко выявляется S_1 -слой вторичной стенки. Наблюдаются участки волокна, где обрывки Р-слоя, слабо связаны с вторичной стенкой. Поверхность волокон целлюлозы фирмы ”Бакай” полностью очищена от Р-слоя и видны в основном разрыхленные микро фибриллы S_1 -слоя.

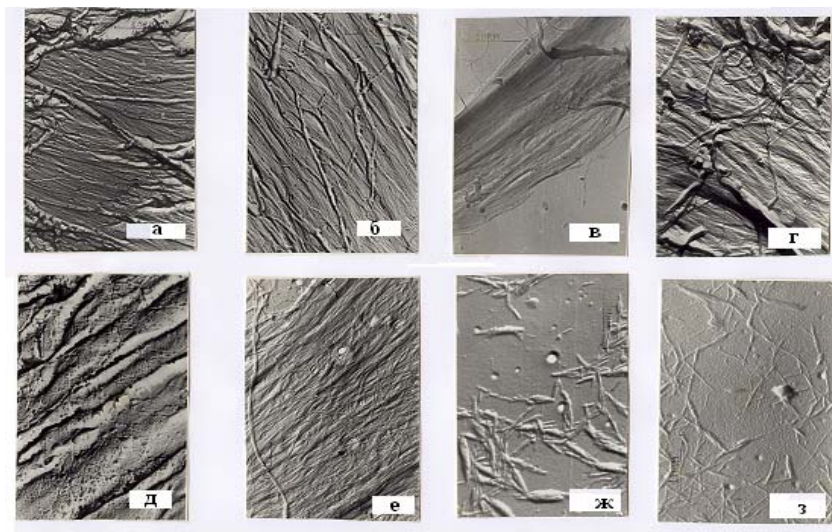


Рис. 1. Электронно-микроскопические микрофотографии реплик поверхности (а,б,в), внутренней фибриллярной структуры (г,д,е) и кристаллиты хлопковой целлюлозы (ж,з)

Для древесной целлюлозы характерно сохранение первичной стенки на большей части поверхности волокон, что связано с защитным действием лигнина и других не целлюлозных веществ, содержащихся в волокнах древесины в значительном количестве.

В структуре фрагментов вторичной стенки исследованных целлюлоз обнаруживаются определенные различия (рис.1). Хлопковая целлюлоза имеет плотную упаковку фибриллярной структуры. При диспергировании целлюлозы фирмы “Бакай” образуются широкие фрагменты вторичной стенки с разрыхленной структурой. Фрагменты внутренней структуры древесной целлюлозы более разупорядочены, чем у хлопковой целлюлозы. Наблюдается нарушение взаимной ориентации фибриллярных агрегатов за счет сдвигов и разрывов микрофибрилл при удалении лигнина между ними. Кристаллиты хлопковой целлюлозы, полученные кислотным гидролизом, существенно не различаются между собой, однако по своим размерам, они несколько длиннее и толще, чем у древесной целлюлозы. Электронно-микроскопические исследования позволяют предполагать, что целлюлоза фирмы “Бакай” была получена в более жестких технологических условиях, чем хлопковая целлюлоза.

В соответствии с заключениями, сделанными выше, на основании электронно-микроскопических наблюдений, находятся также и данные СП указанных препаратов целлюлозы; хлопковая целлюлоза имеет СП порядка 1500, целлюлоза “Бакай” – 1100, древесная целлюлоза – 1000 (табл.1). Отсюда можно заключить, что в том случае, когда процесс варки протекает сравнительно глубоко, СП целлюлозы соответственно будет меньше. Анализ дифференциальных кривых ММР показывает, что препараты хлопковой целлюлозы резко отличаются друг от друга. Так, если кривая ММР хлопковой целлюлозы имеет сравнительно узкое распределение в области СП 600-2200 и содержит один большой максимум при значениях СП 2000-2200, то целлюлоза “Бакай”, характеризуется более широким распределением и имеет 3 максимума при СП 600-1000, 1400-2200 и 2400-2800 соответственно. Отсюда следует, что целлюлоза “Бакай” является более полидисперсной, которая обусловлена, очевидно, глубоким протеканием процесса варки. В случае древесной целлюлозы, наблюдается два максимума на кривой ММР в области СП 500-1000 и 2200-2800.

Изучение сорбции паров воды различными целлюлозными препаратами показало, что изотермы сорбции по своему характеру близки между собой.

Определение количества сорбированной воды показало, что равновесное содержание влаги в древесной целлюлозе, как при низком относительном давлении (0,05-0,03), когда пары воды связываются в основном внутренней поверхностью целлюлозы в виде мономолекулярного слоя, так и в области высоких значений (0,75-0,95), где в основном имеет место капиллярная конденсация, количество сорбированной воды в древесной целлюлозе больше, чем в хлопковой целлюлозе. Сравнение сорбционных способностей хлопковых целлюлоз показывает, что гидрофильность целлюлозы фирмы “Бакай” больше, чем хлопковой целлюлозы. На основании изотермы сорбции были определены значения удельной поверхности ($-\dot{S}$), объема ($-W$), радиуса $-r$ пор субмикроскопических капилляров и количества сорбированных паров воды у различных образцов целлюлозы (таблица).

Значения удельной поверхности ($\dot{S}_{уд}$), приведенной в таблице 1, рассчитаны в начальной стадии сорбций по уравнению БЭТ [3].

Анализ полученных величин показал, что для древесной целлюлозы $\xi_{уд}$ по воде может служить характеристикой гидрофильности целлюлозных препаратов [4], что подтверждается и данными по СП целлюлозных препаратов. Когда, процесс варки протекает сравнительно глубоко, то СП целлюлозы соответственно будет меньше, а ее сорбционная способность – больше.

Таблица. Степень полимеризация и некоторые физико-химические параметры образцов целлюлозы.

Образцы целлюлозы	СП	\dot{S} , М/г	\dot{W} , см/г	r, Нм	Сорбция в % при различной Р/Р ₀		
					0,20	0,50	0,90
Хлопковая целлюлоза Фирмы “Бакай”	1100	108,26	0,20	0,37	2,8	4,8	12,7
Хлопковая целлюлоза	1500	103,69	0,19	0,36	2,6	4,5	12,2
Древесная целлюлоза	800	124,43	0,35	0,35	3,1	5,4	14,2

Для получения огнезащищенной хлопковой целлюлозы, которая имеет небольшое количество лигнина, достаточно 0,5-1,0 % хлора от всей массы целлюлозы. Процесс хлорирования происходит очень быстро и в зависимости от глубины хлорирования ее продолжительность может колебаться от 15 мин. до 1 часа. Процесс хлорирования проводят с целью разрушения лигнина, путем перевода его в растворимую форму в воде или щелочи, в процессах отбелики и облагораживания.

Нами также изучено влияние различных вариантов совместного применения хлора и элементного фосфора при отбелике целлюлозы на их белизну, жесткость, степень полимеризации и др. важные показатели. Установлено, что применение смеси хлора и фосфора, а также последовательное применение каждого из них в любом порядке дает возможность получения целлюлозы лучшего качества по сравнению с применением одного хлора. Здесь сказывается по-видимому, фосфоргалоидный синергизм. Эта способность фосфора и хлора используется на заключительной ступени отбелики, для придания огнезащитных характеристик целевому продукту. Таким образом, можно повышать огнестойкость целлюлозных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цоколаев Р.Б., Никольский К.С. и др. Химия и технология эфиров целлюлозы. – Владимир, ВНИИСС, 1994, с.28-30.
2. Сидиков А.С. Изменение надмолекулярной структуры целлюлозы при активационных обработках фосфорорганическими соединениями. ХПС, Т., 2000, № 6 с.497-499.
3. Роговин З.А. Химия целлюлозы. – М., «Химия», 1989. с. 313-338.
4. Klein R., Mentres M. The Mechanism of Cellulose Nitration. J.Am.Chem.Soc. V.73, P.5888.

ОСОБЕННОСТИ СНИЖЕНИЯ ГОРЮЧЕСТИ МАТЕРИАЛОВ

Рахимбобоева М.Ш.¹, Мирисаев А.У.¹, Хасанова О.Т.²

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт

²Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова

Пожаром называют неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб. Пожарная и взрывная безопасность – это система организационных и технических средств, направленная на профилактику и ликвидацию пожаров и взрывов [1].

Пожары на промышленных предприятиях, на транспорте, в быту представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб. Поэтому вопросы обеспечения пожарной и взрывной безопасности имеют государственное значение.

Исследование процессов воспламенения и горения природных и синтетических высокомолекулярных соединений, а также различных композиционных материалов на их основе приобретает в настоящее время также исключительно важное практическое значение. Интерес к этой быстро развивающейся области науки обусловлен назревшей необходимостью создания научных основ целенаправленного синтеза негорючих полимерных материалов, рациональной технологии получения пожаробезопасных материалов, прогнозирования условий их эксплуатации, исключающих возможность возникновения и распространения пожаров, поскольку производство полимерных материалов является одной из наиболее быстро развивающихся областей химической промышленности. Уже сейчас мировое производство пластмасс, химических волокон, синтетических каучуков и других полимерных материалов достигло почти сотни миллионов тонн. Рост производства и потребления многих полимерных материалов в различных отраслях техники несколько сдерживается из-за ряда недостатков, и, в частности, их повышенной пожароопасности. Пожароопасность природных и синтетических полимеров определяется их способностью к воспламенению и распространению процесса горения, последствиями этого процесса [2].

При горении полимерных материалов внутри и на поверхности конденсированной фазы также осуществляются сложные физико-химические процессы, такие как фазовые переходы, термо- и термоокислительное разложение и др. Горение многих полимерных материалов, особенно огнезащищенных, включает признаки как гомогенного, так и гетерогенного процесса. Это обусловлено тем, что высокотемпературное разложение полимеров при горении часто сопровождается образованием новой фазы карбонизованного слоя. Последний выгорает в результате реакции взаимодействия газообразного окислителя с поверхностью углерода. Скорость гетерогенного химического процесса выгорания карбонизованного слоя полимеров определяется скоростью диффузии кислорода из газовой фазы

к углеродной поверхности. Получение полной информации о химии процесса горения полимеров представляет особенно сложную и практически неразрешимую задачу. Природные и синтетические полимеры представляют собой исключительно сложные системы. До сих пор окончательно не установлены кинетика и детальный механизм разложения полимеров даже при относительно умеренной температуре и скорости теплового воздействия [3].

Для установления взаимосвязи между структурными характеристиками полимерных веществ и закономерностями их горения, безусловно, необходимы знание и понимание физико-химического процесса превращения исходного материала в конечные продукты сгорания на всех этапах этого превращения. Эта конечная цель не может быть достигнута без учета химической кинетики и влияния на последнюю физических факторов [4].

Специфической особенностью горения полимеров является наличие разнообразных критических явлений, наблюдаемых при его возникновении и развитии. В теории горения установление и изучение критических условий горения представляют собой одну из основных задач. Знание закономерностей и критических условий горения полимерных материалов служит научным фундаментом для оценки их истинной пожарной опасности и установления противопожарных норм при применении изделий из полимеров в тех или иных областях техники.

Исследование механизма и закономерностей горения полимерных материалов находится в настоящее время в начальной стадии развития. Для научно обоснованного подхода к проблеме снижения горючести и получения негорючих полимерных материалов необходимо совместить усилия специалистов-химиков, физико-химиков и физиков в направлении изучения таких вопросов, как высокотемпературное разложение полимеров в условиях, приближающихся к условиям горения, влияние химического строения и надмолекулярной структуры полимеров на закономерности воспламенения и горения, влияние старения полимеров на изменение их горючести, в направлении установления механизма огнегасящего действия различных добавок, создания методов количественной оценки эффективности антипиренов и др.

Нами разработаны дискретные полимерные покрытия на основе полиолов и амидофосфатов из отходов ОАО «Максам-Аммофос» для целлюлозно-бумажных материалов т.к. целлюлоза является природным полимером. Установлены основные закономерности влияния макроструктурной организации дискретных полимерных покрытий на проявление их огнезащитных свойств в составе системы «бумага-покрытие». Показано, что оптимизация структуры покрытия является эффективным способом повышения огнестойкости образцов. Из всех газов, препятствующих воспламенению, наиболее эффективен аммиак. Для огнезащитной обработки древесины широко применяют соли аммония, которые при нагревании разлагаются с выделением аммиака. Температура разложения солей аммония колеблется в широких пределах и не совпадает с температурой воспламенения древесины. Диаммоний фосфат уже при температуре близкой к 65 °С заметно выделяет аммиак, переходит в моноаммонийфосфат. Сульфат аммония частично разлагается при

достижении 220 °С, полное разложение с выделением теоретического количества аммиака происходит только при 533 °С.

Методом “керамической трубы” (ГОСТ Р 53292 – 2009) исследована способность составов на основе фосфористой кислоты и амидофосфатов повышать огнезащищенность целлюлозы и древесины в зависимости от строения антипирена, концентраций компонентов и расходов готовых растворов. Параметры нанесения для разработанных соединений были выбраны на основании анализа работ по поверхностной модификации древесины. Оптимальная концентрация антипирена в растворе гексана – 5%. С учетом того, что достаточно одного слоя для достижения гидрофобного эффекта, расход составил 100 г/м².

В результате установлено, что II группа огнезащитной эффективности достигается для концентраций нового антипирена 10, 20 и 40% при расходах готового раствора 500, 300 и 200 г/м² соответственно. I группа достигается при концентрации 20 и 40% и расходах готового раствора 700 и 400 г/м² соответственно. Из комплексных составов наибольшим огнезащитным эффектом обладает рецептура на основе амидофосфата и ортофосфорной кислоты. Потеря массы – 9%, что соответствует I группе огнезащитной эффективности.

Экспериментально исследованы следующие пожарно-технические характеристики древесины: воспламеняемость (В), распространение пламени по поверхности (ИРП), дымообразующая способность (Д).

В результате показано, что в присутствии огнезащитных-пропиточных составов древесина переходит из группы материалов, быстро распространяющих пламя ($I > 20$) в группу медленно распространяющих. За счет интенсивного коксообразования распространение практически прекращается. По дымообразующей способности материал переходит из группы Д3 (материалы с высокой дымообразующей способностью) в группу Д2 (материалы с умеренной дымообразующей способностью). По воспламеняемости материал переходит из группы В3 (легковоспламеняемые) в группу В2 (умеренновоспламеняемые). При этом время до воспламенения образца также увеличивается с 15 до 65-90 секунд в зависимости от вида КОС.

В результате исследования токсичности продуктов сгорания древесины было установлено, что в присутствии разработанных пропиточных составов токсичность продуктов горения (на основании концентрации СО) несколько снижается. При этом группа материала по токсичности по ГОСТ 12.1.044-89 продуктов горения не изменяется – Т3 (высокоопасные материалы). Для древесины в присутствии разработанных составов характерно увеличение времени достижения максимальных концентраций СО и СО₂ на 8-10 мин. и обработанной огнезащитными составами от плотности теплового потока для древесины исходной и обработанной огнезащитными после испытаний по методу ИРП составами с различными концентрациями антипиренов. Результаты исследований влагопоглощения и водопоглощения древесины в присутствии разработанных составов показали, что применение только фосфорорганических соединений не снижает влаго- и водопоглощение

древесины. Применение составов амидофосфат-ортофосфорная кислота приводит к снижению влагопоглощения и водопоглощения на 30-50 %.

Нами выявлено, что при обработке древесины и целлюлозно-бумажных материалов разработанными нами антипиренами проявляется химическая огнезащита. Важнейшая особенность химической огнезащиты состоит в том, что она снижает термическую устойчивость материала в области предшествующей горению температуры, а не приводит к ее повышению, как при огнезащите, основанной на физических явлениях. Практическое применение разработки может решить многие экономические и социальные проблемы республики в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович А.А. Горения древесных материалов. – М.: Химия.2012 г. – с.340.
2. Ратушный У.З. Химия и технология целлюлозы. – М.: Химия. 2015 г. – с.267.
3. Хардин А.П., Зельцер И.В. Горение древесины и фанеры. – М.: Строиздат.2014 г. – с.421.
4. Абдукадиров Ф.Б., Мухамедгалиев Б.А., Исмаилов Р.И. Разработка полимерных антипиренов. – Т.: ТАСИ, 2021 г. – с.190.

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА В АЗЕРБАЙДЖАНЕ, ИСТОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ РАБОТЫ

Садыг-заде У.А

Академия МЧС Азербайджана

Во второй половине 19 века нефтяная промышленность Азербайджана - Баку стала быстро развиваться. В развитии нефтяной промышленности царизм преследовал прежде всего собственные экономические интересы. После реформ 1960-х и 1970-х годов развитие капитализма в России увеличило спрос на нефть и нефтепродукты. Нефть Баку была в центре внимания российских, западноевропейских, а затем и американских промышленников. Быстрое развитие нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности также повлияло на развитие других смежных отраслей. Этот эффект особенно ярко проявился в нефтеперерабатывающей промышленности. В Баку созданы десятки нефтеперерабатывающих заводов [1].

Во второй половине 19 века быстрое развитие нефтяной промышленности и связанных с ней отраслей в Азербайджане, его главном промышленном и торговом центре, и значительный рост населения города увеличили потребность в организации и расширении соответствующей вспомогательной деятельности и Сервисы. Одной из таких жизненно важных служб была пожарная служба. До 80-х годов XIX века в Азербайджане не было организовано ни одной пожарной службы или пожарной части. В этом отношении Азербайджан отставал от центральных регионов России [5].

Идея создания в Баку пожарной части была впервые выдвинута в конце 70-х – начале 80-х годов XIX века. Особую роль в реализации этой идеи

и привлечении внимания правящих кругов сыграл Г.З. Тагиев. Он неоднократно поднимал этот вопрос на заседаниях Бакинской Думы. В письме от 2 августа 1883 года бакинский генерал-губернатор барон Гросталь сообщил о большой потребности в пожарной команде в Баку, промышленном городе, и попросил обсудить этот вопрос на заседании Думы. В таком крупном промышленном городе, как Баку, я обратил внимание не только на отсутствие пожарной части, но и на отсутствие даже самого элементарного противопожарного оборудования. Первое постановление Городской Думы от 11 января 1884 года о создании пожарной части в Баку гласило: «В 1884 году на создание пожарной части в городе необходимо выделить 10 000 рублей». Пожарная команда должна представить его в Думу до открытия водных путей для получения необходимого оборудования. При разработке проекта необходимо обсудить предложенную Г.З. Тагиевым особую систему снабжения противопожарной водой всех улиц города». Решение Думы от 11 января 1884 г. не было принято в 1884 г. из-за финансовых затруднений. Однако 6 марта 1884 года Бакинская городская дума утвердила «Абсолютные правила пожарной безопасности», а 29 апреля эти правила вступили в силу [5].

Из постановления Бакинской городской думы от 4 января 1886 года видно, что первая пожарная дружина, созданная городской государственной администрацией, подчиняется Бакинскому городскому управлению, в ее состав входят брандмастер А.В. Грим и 8 пожарных. Согласно постановлению, пожарная команда должна была выехать на место происшествия в индивидуальном порядке до решения финансовых вопросов. В конце девятнадцатого и начале двадцатого века Бакинская пожарная дружина отставала от соответствующих ведомств развитых стран. Однако именно в этот период в Азербайджане был заложен фундамент системы противопожарной защиты, был заложен фундамент для дальнейшего развития этой системы.

Организация и развитие противопожарной защиты в Азербайджане

Пожарная безопасность регулируется Законом Азербайджанской Республики «О пожарной безопасности», который вступил в силу 25 июля 1997 года указом Президента Азербайджанской Республики [4].

Противопожарная защита и первая пожарная дружина в Азербайджанской Республике была создана в 1885 году в Баку. В 1898 году в Бакинской Думе был поставлен вопрос о создании в Баку еще двух пожарных дружин, каждая из которых планировалась численностью 62 человека. Однако из-за безразличия городских властей эти пожарные команды не были созданы [3]. Поэтому пожары в Баку накануне нанесли огромный ущерб нефтяной отрасли. Эти пожары нанесли огромный материальный ущерб нефтяным месторождениям братьев Нобель в 1901 году, а также нефтяным месторождениям Балаханы и Бибиheyбат в 1903 году. 17 апреля 1918 г. он подписал Указ В. И. Ленина «Об организации тушения пожаров на государственном уровне». Постановление имело большое значение для противопожарной защиты и предусматривало основную деятельность по противопожарной защите.

Первым условием постановления была одна из основных целей противопожарной защиты заводов и предприятий нефтяной промышленности, угольных и торфяных шахт, а также собственность народа.

Вторым условием было создание материально-технической базы противопожарной защиты, а также создание канцелярской службы, а также документации.

Третьим условием была подготовка и реализация финансирования, а также приказов и постановлений. Во время войны 1941-1945 годов пожарным пришлось работать еще усерднее. Это было связано с тем, что 70% всей задействованной в войне бронетехники работало на бакинской нефти. В этот период меры противопожарной защиты были особенно сильными. Особо следует отметить деятельность морских пожарных накануне.

После прихода к власти Гейдара Алиева, как и в других сферах, была проделана важная работа по обеспечению надежной защиты населения от природных и техногенных катастроф, закуплены современные машины и оборудование, уделялось внимание обучению спасателей, ряд были приняты национальные решения. Гейдар Алиев посетил зоны чрезвычайного положения, лично ознакомился с ситуацией на месте происшествия, дал необходимые указания, обозначил неотложные меры и непосредственно руководил их выполнением.

После создания Министерства по чрезвычайным ситуациям Указом Президента Ильхама Алиева от 16 декабря 2005 года пожарная служба нашей страны вышла на новый этап прогресса и развития. Были закуплены новые пожарные машины, инструменты и оборудование, уделено внимание учебному процессу [4].

К основным задачам системы противопожарной защиты Азербайджанской Республики относятся:

- организация противопожарной защиты и профилактики;
- спасение людей и тушение пожаров.

Государственная противопожарная охрана

Государственная противопожарная защита является основным видом системы противопожарной защиты и осуществляется Государственной противопожарной службой Азербайджанской Республики. Государственная противопожарная служба руководствуется Конституцией Азербайджанской Республики, законодательными актами Азербайджанской Республики, указами и распоряжениями Президента Азербайджанской Республики, решениями и распоряжениями Кабинета Министров, приказами и распоряжениями Министерства по чрезвычайным ситуациям, другие нормативные акты и Устав.

Основными задачами Государственной противопожарной службы Азербайджанской Республики являются:

- организует разработку и реализацию государственных мероприятий в области пожарной безопасности;
- организует и выполняет противопожарную охрану городов, районов, других населенных пунктов и предприятий и другие работы в области пожарной безопасности в соответствии с законодательством Азербайджанской Республики;

- обеспечивает пожаротушение;
- разрабатывает единую научно-техническую политику в области пожарной безопасности и организует ее применение;

осуществляет обучение, переподготовку и повышение квалификации личного состава пожарной охраны.

Государственная служба противопожарной защиты Азербайджанской Республики является государственным заказчиком производства противопожарного оборудования в Азербайджанской Республике и определяет требования к этому оборудованию. Структура Государственной противопожарной службы Министерства по чрезвычайным ситуациям республики Азербайджана включает:

Государственное управление противопожарной защиты МЧС Нахчыванской Автономной Республики (НАР) и его местные государственные подразделения противопожарной защиты;

Государственные управления и части противопожарной защиты городов, районов Азербайджанской Республики (а также подведомственных районов), других административно-территориальных единиц;

Государственные подразделения пожарной охраны по пожарной охране ведомств, отдельных предприятий, организаций;

Государственное пожарно-техническое образование, научно-исследовательские и производственные услуги;

Специализированные подразделения государственной противопожарной защиты, входящие в состав Государственной противопожарной службы. Для решения задач, возложенных на Государственную противопожарную службу, в ее составе могут создаваться предприятия и организации, осуществляющие свою деятельность в области пожарной безопасности.

Кабинет Министров Азербайджанской Республики утверждает структуру, штатную численность и правила работы государственных подразделений противопожарной защиты, содержащихся за счет государственного бюджета Азербайджанской Республики. Обеспечение государственных органов противопожарной защиты зданиями, помещениями, противопожарным оборудованием, лавинами, а также их техническая эксплуатация и ремонт осуществляется руководством этих предприятий на основании заключенного договора.

Местные службы Государственной противопожарной службы Азербайджанской Республики, Государственной противопожарной службы НАР, за исключением непосредственно подчиненных Службе, управляют работой всех типов систем противопожарной защиты, расположенных в зонах обслуживания.

Государственная служба противопожарной защиты, являясь независимой структурой Министерства по чрезвычайным ситуациям Азербайджанской Республики, возглавляет систему противопожарной защиты Азербайджанской Республики. Управление законностью деятельности Государственной противопожарной службы Азербайджанской Республики и ее подразделений, эффективное использование сил и средств, соответствие подразделений органов пожарной охраны объема и характеру возложенных на них задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. İnternet resursları.
2. "Fövqəladə Hallar Nazirliyinin qəzeti" (Azərbaycan dilində) Bakı, 2007-2014-cü illər).
3. Azərbaycan SSR DİN Yanğından mühafizə İdarəsinin Dəniz dəstəsi,. Bakı, 26 Bakı komissarı, 1988.
4. Yağın təhlükəsizliyi haqqında Azərbaycan Respublikasının qanunu. Bakı, 1997.
5. H. Xudiyevin, Azərbaycanın yanğın təhlükəsizliyi qurumlarının tarixi (1885-2015), Bakı-2015.

АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ В ГОРОДАХ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ ВЬЕТНАМА

Фам Куок Хынг

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

В последние годы, несмотря на негативные последствия стихийных бедствий и эпидемий, социально-экономическая ситуация во Вьетнаме демонстрирует устойчивые тенденции стабильного развития. Источником роста экономики являются природные ресурсы и активное привлечение как внутренних, так и внешних инвестиций.

Согласно статистике Главного управления пожарной охраны и аварийно-спасательных служб за 10 лет (2010-2019 годы), зарегистрировало 28.744 пожаров во Вьетнаме, произошедших на фабриках, заводах, офисах, складах, больницах, домах, школах.... В том числе, количество погибших 789 человек и количество травмированных 1.854 человека. Ущерб оценивается около 594,56 млн. долларов и 3.027 лесных пожаров нанесло ущерб 16.279 гектарам леса.

Для дальнейшего исследования обстановки с пожарами во Вьетнаме воспользуемся основными интегральными пожарными рисками [1,2]:

- риск R_1 для человека столкнуться с пожаром в течение года [пожар/чел.год];
- риск R_2 для человека погибнуть при пожаре [жертва/пожар];
- риск R_3 для человека погибнуть от пожара в течение года [жертва/чел.год];
- риск R_4 для человека травмироваться при пожаре [травма/пожар];
- риск R_5 для человека травмироваться от пожара в течение года [травма/чел.год].

Для определения данного показателя необходимо:

- вычислить текущие значения основных пожарных рисков в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы) R_1^c , R_1^c , R_2^c , R_2^c , R_3^c и R_3^c ;

- провести сравнительный анализ всех парных рисков путем вычисления их отношений, $\frac{R_2^c}{R_2^c}$ и $\frac{R_3^c}{R_3^c}$ во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы);

- вычислить значение комплексного показателя пожарной опасности сельской местности.

В таблице 1 представлена статистика пожаров в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы). Следовательно, обстановка с пожарами, складывающаяся в городах и сельской местности, оказывает существенное влияние на обеспечение пожарной безопасности на всей территории Вьетнама.

Проведем анализ текущих значений основных пожарных рисков в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы). Согласно основным показателям, характеризующим обстановку с пожарами во Вьетнаме за период 2010-2019 гг. Соответствие, в таблице 2 представлены результаты расчетов пожарных рисков в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы).

На рисунках 1-3 представлена динамика изменения всех исследуемых в работе интегральных пожарных рисков в городах и сельской местности во Вьетнаме за период 2010-2019 гг. Например, риск R_1 (см. рисунок 1) имеет явную возрастающую динамику и его значение за прошедшее десятилетие увеличилось в 1,3 раза в городах и в 1,9 раза в сельской местности. Риск R_2 (см. рисунок 2) наоборот имеет убывающую динамику и его значение за прошедшее десятилетие уменьшилось в 1,14 раза в городах и в 1,26 раза в сельской местности. Риск R_3 (см. рисунок 3) имеет слабо возрастающий тренд, значения этого риска за исследуемый период колебались в диапазоне от 1,5 до 1,8 погибшего на 1 млн. чел. в год в городах и в 1,9 раза в сельской местности от 0,3 до 0,4 погибшего на 1 млн. чел. в год.

Теперь проведем сравнительный анализ всех парных рисков путем вычисления их отношений, $\frac{R_2^c}{R_2^c}$ и $\frac{R_3^c}{R_3^c}$ во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы).

Затем по формуле $K_{no}^c = \left(\frac{R_3^c}{R_3^c}\right)^2$ вычислим значение комплексного показателя пожарной опасности сельской местности. Полученные результаты представлены в таблице 3.



Рис. 1. Динамика риска R_1 [пожар/1 млн.*чел. год] в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы)

Таблица 1 Статистика пожаров во Вьетнаме в городах и сельской местности за 10 лет (2010-2019 годы)

Годы	Число пожаров			Количество погибших, чел			Количество населений, млн. чел					
	общие	город	%	общие	город	%	общие	город	%	общие	город	%
2010	2231	1283	57,51	60	42	70	18	30	88,47	27,1	30,63	61,37
2011	1764	1241	70,35	75	50	66,7	25	33,33	89,44	27,4	30,64	62,04
2012	1906	1191	62,49	73	49	67,1	24	32,88	90,45	28,8	31,84	61,65
2013	2624	1486	56,63	60	39	65,0	21	35,00	91,5	28,9	31,58	62,60
2014	2375	1428	60,13	90	62	68,8	28	31,11	92,54	30,1	32,53	62,44
2015	2792	1746	62,54	62	42	67,7	20	32,26	93,45	31,4	33,60	62,05
2016	3006	1749	58,18	98	66	67,3	32	32,65	94,44	32,2	34,10	62,24
2017	4074	2518	61,81	96	67	69,8	29	30,21	95,41	33,1	34,69	62,31
2018	4182	2589	61,91	90	59	65,6	31	34,44	95,99	34,7	36,15	61,29
2019	3790	1976	52,14	85	58	68,2	27	31,76	96,21	33,1	34,40	63,11
Итого	28744	17207	59,86	789	534	67,7	255	32,32	927,9	306,8	33,06	621,1

Таблица 2 Интегральные пожарные риски в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы).
Единицы измерения: R_1 – пожар/ 10^6 чел. год; R_2 – погибших /100 пожаров; R_3 – погибших / 10^6 чел. год.

Годы	Количество пожаров на 1000000 человек (R1)			Количество погибших на 100 пожаров (R2)			Количество погибших на 1000000 человек (R3)		
	страна	город	село	страна	город	село	страна	город	село
2010	25,2	47,3	15,4	2,7	3,3	1,9	0,7	1,5	0,3
2011	19,7	45,3	8,4	4,3	4,0	4,8	0,8	1,8	0,4
2012	21,1	41,4	11,6	3,8	4,1	3,4	0,8	1,7	0,4
2013	28,7	51,4	18,2	2,3	2,6	1,8	0,7	1,3	0,3
2014	25,7	47,4	15,2	3,8	4,3	3,0	1,0	2,1	0,4
2015	29,9	55,6	16,9	2,2	2,4	1,9	0,7	1,3	0,3
2016	31,8	54,3	20,2	3,3	3,8	2,5	1,0	2,0	0,5
2017	42,7	76,1	25,0	2,4	2,7	1,9	1,0	2,0	0,5
2018	43,6	74,6	26,0	2,2	2,3	1,9	0,9	1,7	0,5
2019	39,4	59,7	28,7	2,2	2,9	1,5	0,9	1,8	0,4
Итого	31,0	56,1	18,6	2,7	3,1	2,2	0,9	1,7	0,4

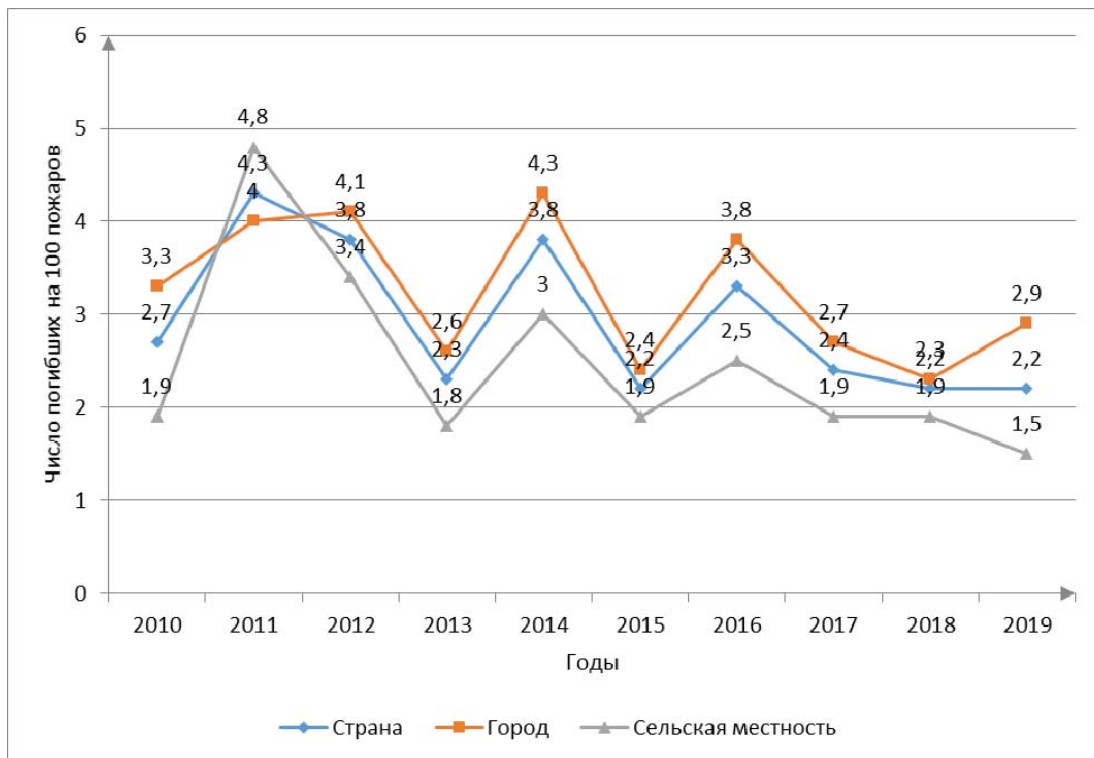


Рис. 2. Динамика риска R₂ [жертва/100 пожаров] в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы)



Рис. 3. Динамика риска R₃ [жертва/ 1 млн.*чел. год] в городах и сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы)

Таблица 3 Значения комплексного показателя пожарной опасности сельской местности $K_{по}^c$

№	Годы	Значения пожарных рисков			
		R_1^c / R_1^z	R_2^c / R_2^z	R_3^c / R_3^z	$K_{по}^c$
1	2010	0,33	0,58	0,2	0,04
2	2011	0,19	1,20	0,22	0,05
3	2012	0,28	0,83	0,24	0,06

№	Годы	Значения пожарных рисков			
		R_1^c / R_1^e	R_2^c / R_2^e	R_3^c / R_3^e	$K_{по}^c$
4	2013	0,35	0,69	0,23	0,05
5	2014	0,32	0,70	0,19	0,04
6	2015	0,30	0,79	0,23	0,05
7	2016	0,37	0,66	0,25	0,06
8	2017	0,33	0,70	0,25	0,06
9	2018	0,35	0,83	0,29	0,09
10	2019	0,48	0,52	0,22	0,05

Таким образом, сравнительно благополучно, обстоят дела с пожарной безопасностью сельской местности во Вьетнаме за 10 лет (2010-2019 годы), в которых значения равны 0,04; 0,05; 0,06; 0,05; 0,04; 0,05; 0,06; 0,06; 0,09 и 0,05 соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование / под ред. Н.Н. Брушлинского, Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. 370 с.
2. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А. и др. Пожарные риски. Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 65 с.

СНИЖЕНИЕ ПОЖАРО-ВЗРЫВООПАСНОСТИ ПРИСАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЕНИЕМ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ

Хакимов А.М.¹, Махманов Д.М.², Муродов Б.З.¹

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт

²Ташкентский государственный технический университет им.И.Каримова

Стремительный рост и развитие техники, в частности моторостроения, в свою очередь, вызывает необходимость в разработке новых сортов масел, смазок и присадок к ним, с повышенной огнестойкостью, а также пожаро- и взрывобезопасными характеристиками. При этом за рубежом используется комплексный подход, не только предъявляются требования к качеству масла, смазок, обусловленные особой спецификой конструкции новой техники, но принимаются во внимание энергетические, экономические, экологические и другие аспекты химмотологии смазочных масел. Разрабатываются также присадки с полифункциональными свойствами, которые обладают повышенными характеристиками по пожаровзрывоопасности [1-2].

В связи этим представляет несомненный интерес разработка технологии применения фосфорсодержащих полимеров в качестве присадок к маслам и смазочным материалам, с целью создания новых сортов горюче смазывающих материалов, с пониженной горючестью и пожаро-взрывобезопасными в плане хранения и транспортировки, а также при эксплуатации.

Для этой цели фосфорсодержащие полимеры, полученные на основе взаимодействия галоид содержащих мономеров, таких как эпихлоргидрин (ФСР-1), метакрилоилхлорид (ФСР-2), аллилхлорид (ФСР-3) с третичными фосфинами и фосфитами ввели в количестве 0,05% в состав индустриального масла общего назначения (ГОСТ20799-79) и в состав смазки солидола (ГОСТ4366-76) [239].

Промышленные испытания были проведены в центральной заводской лаборатории Ферганского нефтеперерабатывающего завода. В таблице 1 и 2 приведены результаты промышленных испытаний масла и смазки «солидол». Для сравнения были применены близкие по структуре и составу с разработанными полимерами присадки марки ИНХР-21 (ТУ-3800114-71) и – ЭФО (ГОСТ 14625-78).

Присадка марки – ИНХР-21 – бариевая соль замещенной фосфорной кислоты получается при конденсации алкилфенола с формальдегидом и аммиаком и последующим взаимодействием с пятисернистым фосфором. Обладает антиокислительными и антикоррозионными свойствами и высокой термостабильностью. Применяется в смеси с другими присадками в маслах для форсированных двигателей.

Присадка – ЭФО (ГОСТ14625-78) – смешанная цинк – бариевая соль изобутилового эфира арилдитиофосфоновой кислоты обладает противоизносными свойствами.

Как видно из, данных приведенных в таблице 1, с введением фосфорсодержащих полимеров в состав индустриального масла повышаются плотность, кинематическая вязкость, температура вспышки и снижается температура застывания масел. Кроме того, основная особенность модифицированных фосфорсодержащими полимерами, особенно с ФСР-1 и ФСР-2 масел – является их более высокие моюще-диспергирующие и низкие фрикционные свойства, что связано, по всей вероятности, с полимерной природой синтезированных присадок.

Установлено, что при работе в механической трансмиссии (в коробке передач, в ведущем мосте) модифицированные фосфорсодержащими присадками индустриальные масла проявляют качества, которые присущи трансмиссионным маслам, отвечающим современным требованиям. Вместе с тем они обеспечивают также работу гидромеханических коробок передач без вибрации, проскальзывания и заедания дисков сцепления. Последнее является существенным преимуществом фосфорсодержащих полимерных присадок перед промышленной присадкой марки ИНХР-21.

Уменьшение кислотного числа масла при введении присадок ФСР-1 и ФСР-2 улучшает противоизносные свойства масел, чем при использовании металлсодержащих присадок. При применении металлсодержащих присадок одновременно ускоряется образование зольных отложений, способствующих преждевременному воспламенению рабочей смеси в роторно-поршневом двигателе.

Образование углеродистых отложений в камере сгорания двигателя, в частности, на поверхности горелки, лимитирует нормальную работу двигателя.

Таблица 1. Основные физико-химические свойства индустриального масла общего назначения (ГОСТ – 20799-79).

№ п/п	Показатели	Присадка ИНХП-21	ФСП-1	ФСП-2	ФСП-3	ФСП-4
1.	Плотность, г/см ³	0,89	0,900	0,905	0,900	0,894
2.	Кинематическая вязкость при 50°С, Ст. (м ² /с)	4-5	6-8	12-14	12	10
3.	Температура застывания, °С	-20	-24	-30	-26	-22
4.	Температура вспышки (открытый тигель), °С	120	162	174	158	170
5.	Коксуемость, %(масс)	0,04	-	-	0,02	-
6.	Зольность, %(масс)	0,05	0,003	0,002	0,005	0,005
7.	Кислотное число, мг КОН/мг	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
8.	Испытание на термостабильность и коррозию	Слабо выдерживает	Выдерживает			

Известно, что в роторных двигателях преждевременное воспламенение даже более опасно, чем в поршневых двигателях. Поэтому предотвратить преждевременное воспламенение в роторных двигателях моторного масла можно добиться введением фосфорсодержащих полимерных присадок ФСП-1 и ФСП-2. В таблице 2, приведены результаты применения фосфорсодержащих полимеров в качестве присадки к смазке – солидолу синтетическому (по ГОСТ 4366-76).

Солидол синтетический представляет собой продукт загущения индустриального масла марки И-12А, предназначенного для производства солидола, с числом углеродных атомов в молекуле 20 и выше. Солидол применяется для смазывания узлов трения, качения и скольжения различных машин и механизмов, работающих в интервале температур от 253К до 338К.

Синтезированные и промышленную присадки (ЭФО) ввели в солидол в количестве 0,05 масс.ч. и исследовали его основные физико-механические и прикладные свойства.

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, с введением фосфорсодержащих полимерных присадок в состав солидола повышаются физико-механические и прикладные свойства последнего.

Для полимера ФСП-2 характерны особенно высокие противозадирные свойства. Применение промышленной присадки марки ЭФО приводит к образованию зольных отложений на клапанах, что, в свою очередь, может вызвать их прогар.

Определено, что специфическим свойством синтезированных фосфорсодержащих полимерных присадок является повышение коррозионной стойкости металлической поверхности машин и механизмов [3].

Снижение коррозионного износа при применении фосфорсодержащих полимерных присадок, по всей вероятности, связано не на нейтрализации коррозионно-активных групп и продуктов, а их солиubilизации, т.е. способностью переводить в растворимое состояние (в виде коллоидного раствора) некоторые нерастворимые в нефтяных маслах продукты окисления. При добавлении

фосфорсодержащих полимеров в солидол снижается кислотность последнего, что и приводит к снижению коррозии. Фосфорсодержащим полимерным присадкам также присуща достаточно высокая поверхностная активность, определяющая, в свою очередь, их противоизносный эффект в условиях действия умеренных контактных напряжений.

Увеличение молекулярной массы полимерных присадок приводит к увеличению эффективности противоизносного действия рассматриваемых присадок. Полученные результаты подтверждены актом промышленного испытания Ферганского нефтеперерабатывающего завода (ФНПЗ). С применением дериватографа системы Паулик-Паулик-Эрдей были получены значения характерных температур распада, модифицированных с различными модификаторами образцов смазочных материалов. Эксперимент проведен при скорости повышения температуры в камере 6 град/мин. Выявлены две стадии процесса терморазложения модифицированных смазочных материалов. Первая – интенсивное разложение модификатора с выделением летучих продуктов, которые определяют пламенное горение. Вторая – превращение твердого остатка с низкой скоростью потери массы. Интенсивное разложение образцов масел и смазочных материалов, модифицированных полимерными антипиренами, протекает в более узком интервале, чем разложение образцов, модифицированных низкомолекулярными промышленными аналогами. Начало его сдвинуто в сторону низких значений на 40-50°C и характеризуется повышенной скоростью разложения и сгорания.

Таблица 2. Физико-механические свойства смазки – солидол – синтетический с различными присадками.

Показатели	Присадка ЭФО	ФСП-1	ФСП-2	ФСП-3	ФСП-4
Внешний вид	Однородная коричневая масса без комков				
Эффективная вязкость при 0 °С и среднем градиенте скорости деформации 10 ^{с1} , Пас	100	120	126	110	108
Предел прочности при сдвиге при 50 °С, Па (г с/см ²)	98	107	110	106	101
Испытания коррозионного действия при 70+2°С в течение 4 ч на пластинке	не выдерживает	выдерживает	выдерживает	слабо выдерж.	слабо выдерж.
Индекс разрушения, %.	85	100	106	94	90
Индекс тиксотропного восстановления через 1 сут.	500	540	540	510	510
Содержание воды, % (масс)	3	2,6	2,4	3	3
Температура самовоспламенения, °С	145	179	182	176	172

При этом установлено, что суммарный выход летучих продуктов на стадии существенно сокращается по сравнению с образцами, модифицированными низкомолекулярными присадками. Вторая стадия у образцов масел с полимерным антипиреном, напротив, протекает в более

широком интервале температур. Значение ее, соответствующее максимальной скорости разложения, не изменяется, но сама скорость процесса снижается, свидетельствуя о высокой эффективности полимерных антипиренов по сравнению с низкомолекулярными промышленными аналогами.

Таким образом, по разработанной нами технологии выдан технологический регламент на производство огнестойких и модифицированных фосфорсодержащими полимерными присадками масел и смазочных материалов. Применение синтезированных нами фосфорсодержащих полимеров в качестве присадки к смазочным материалам приводит к снижению в первую очередь пожаровзрывоопасности, а также повышению их физико-механических, прикладных свойств. По разработанной нами технологии выдан технологический регламент на производство модифицированных фосфорсодержащими полимерными присадками огнезащищенных масел и смазочных материалов. Разработанная нами технология апробирована в опытно-промышленных условиях на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе и рекомендована к внедрению, так как ее применение позволяет решить не только технические, технологические, экономические, но и социальные, экологические проблемы республики в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тужиков О.И. Смазочные материалы и присадки. М. Химия. 2019 г. – с.290.
2. Черножуков В.В. Химия и технология смазочных материалов. М. Наука. 2004 г. – с.390.
3. Гаврилов И.П., Петров И.С. Новые присадки к маслам. Журнал Нефтепереработка и нефтехимия. №2, 2017 г. – с.34-38.

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБЪЕМНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДОЙ

Халиков Р.В.

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Одним из наиболее эффективных средств объемного пожаротушения является температурно-активированной воды (далее – ТАВ) [1]. ТАВ – это водная среда, состоящая из монодисперсной паровой и полидисперсной капельной фазы [1]. Струи ТАВ получаются в результате процесса взрывного вскипания в стволе [1]. Взрывное вскипание – это переход воды из недогретого состояния (вода с температурой 160-200 °С и давлением около 20 атм) в наиболее узком сечении ствола в струю ТАВ.

Основное огнетушащее действие струй ТАВ основано на торможении теплового процесса распространения пламени, однако наибольшей огнетушащей эффективностью обладают составы, блокирующие атомы и радикалы, которые участвуют в разветвленно-цепном процессе (далее – РЦП)

горения [2-5]. Анализ огнетушащих веществ, применимых для объемного пожаротушения показал, что струи ТАВ способны защитить больший замкнутый объем (рис. 1). Однако параметр не герметичности не должен превышать 0,2, увеличение данного параметра, необходимого для использования струй ТАВ без потери огнетушащей эффективности может быть осуществлено дозированием в недогретую воду ингибирующих водорастворимых составов [6].

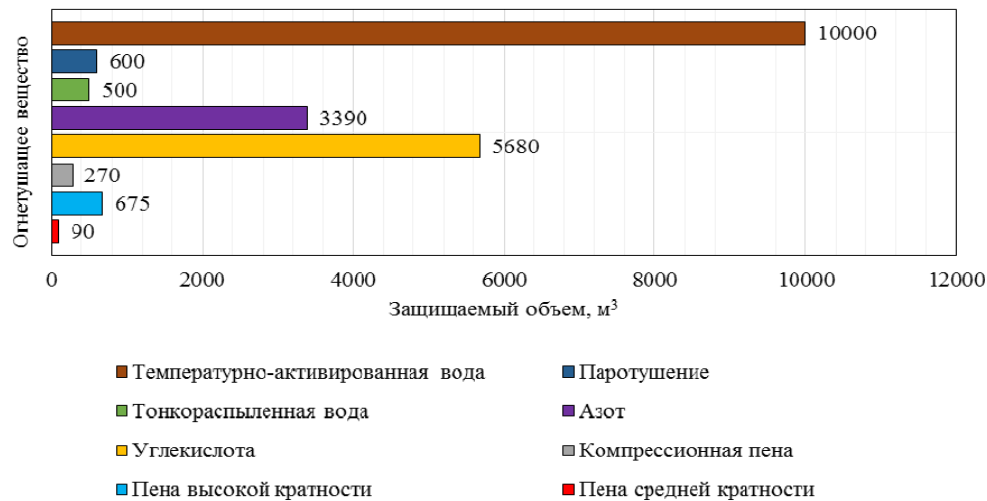


Рис. 1. Диаграмма зависимости величины защищаемого объема от вида огнетушащего вещества

Основным из условий успешного пожаротушения струями ТАВ является эффективное охлаждение зоны горения, то есть такого, когда вся капельная фаза струи ТАВ попадая в очаг пожара испаряется, не выходя за его пределы. Эффективное охлаждение и ингибирование горения струями ТАВ с дозированием водорастворимых ингибирующих веществ может быть обеспечено использованием технических средств подачи струй ТАВ, которые инициируют создание полидисперсной капельной фазы содержащую наибольшее количество капель минимального диаметра (порядка 0,01мкм). Однако, процесс испарения капель подобного диаметра может произойти еще до очага пожара, тогда не будет обеспечиваться эффективное охлаждение зоны горения и не будет осуществлена доставка молекул ингибирующих веществ в зону пламени.

С учетом положений теплотехники была составлена блок-схема для написания программы определения выбора распределения капель в полидисперсной капельной фазе струи ТАВ для тушения пожара пролива турбинного и судового масел в машинном зале газокompрессорной станции (рис. 2).

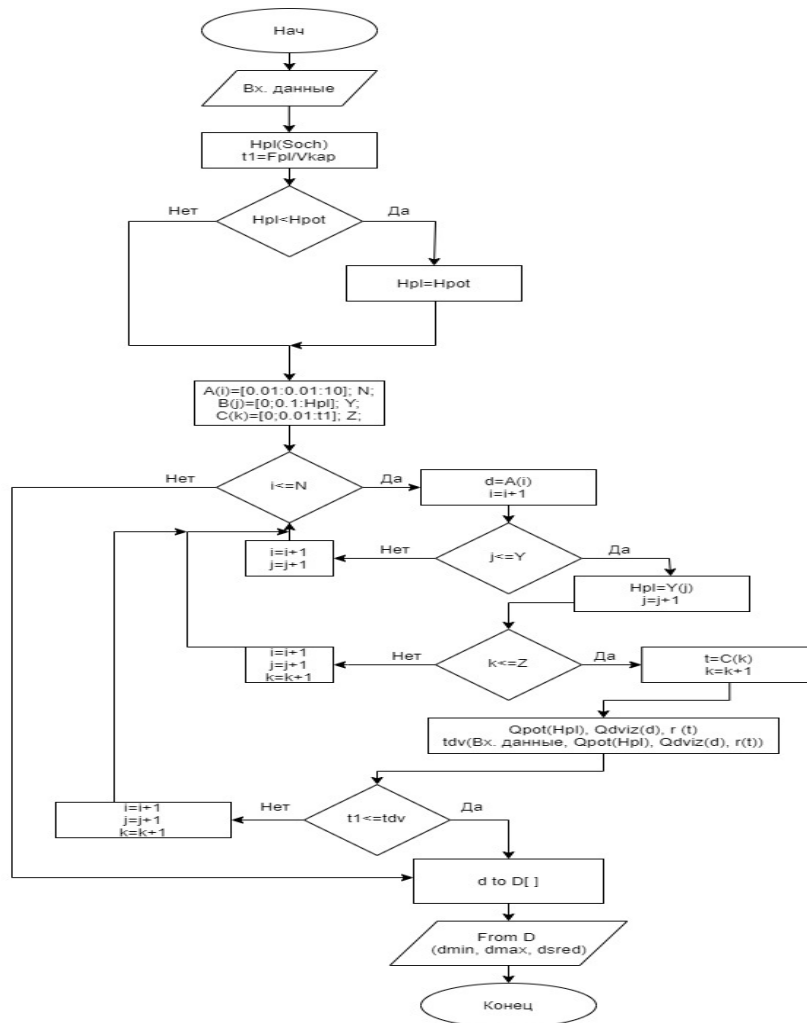


Рис. 2. Блок-схема нахождения эффективного распределения капель в струе ТАВ, где: Вх. данные – блок данных, вводимых перед проведением расчета ($V_{кар}$, $F_{пл}$, C_v , T_0 – начальная температура каплей воды, °С, T_1 – конечная температура каплей воды, °С, $N_{кар}$, ρ – плотность воды, $кг/м^3$, $Soch$); $H_{пл}(Soch)$ – операция нахождения высоты пламени в зависимости от площади зеркала горения, м; $H_{пот}$ – высота потолка в помещении, м; A , B , C – массивы выбора диаметров каплей, высоты пламени и времени соответственно; N , Y , Z – количество элементов в массивах A , B и C соответственно; i , j , k – изменяющиеся номера элементов в массивах при выполнении циклов; $Q_{pot}(H_{пл})$ – операция нахождения интенсивности теплового потока в зависимости от высоты измерения, $кВт/(м \cdot c^2)$; $Q_{dviz}(d)$ – операция нахождения величины количества теплоты полученного каплей при ее движении в зависимости от ее диаметра, м; $r(t)$ – операция нахождения удельной теплоты испарения в зависимости от ее движения, $Дж/кг$; tdv (Вх. данные, $Q_{pot}(H_{пл})$, $Q_{dviz}(d)$, $r(t)$) – нахождение времени испарения капли определенного диаметра по данным, рассчитанным в циклах, с; d to $D[]$ – операция заполнения массива D значениями диаметров каплей, время испарения которых превышает время движения капли сквозь пламя; $From D (dmin, dmax, dsred)$ – определение каплей минимального, максимального, среднего диаметров и их количества для определения эффективных параметров подачи струи ТАВ.

Используя разработанную блок-схему и программный комплекс MathLab была написана программа, произведено численное моделирование и получены модели визуализации (рис. 3-5).

В результате моделирования было установлено, что для тушения типового машинного зала газокompрессорной станции необходимо подавать струи ТАВ, содержащие капли минимального диаметра 1,25 мкм, среднего – 3,2 мкм и максимального – 6,6 мкм при этом время их нагревания до температуры кипения будет не менее 2,5 с (рис.3).

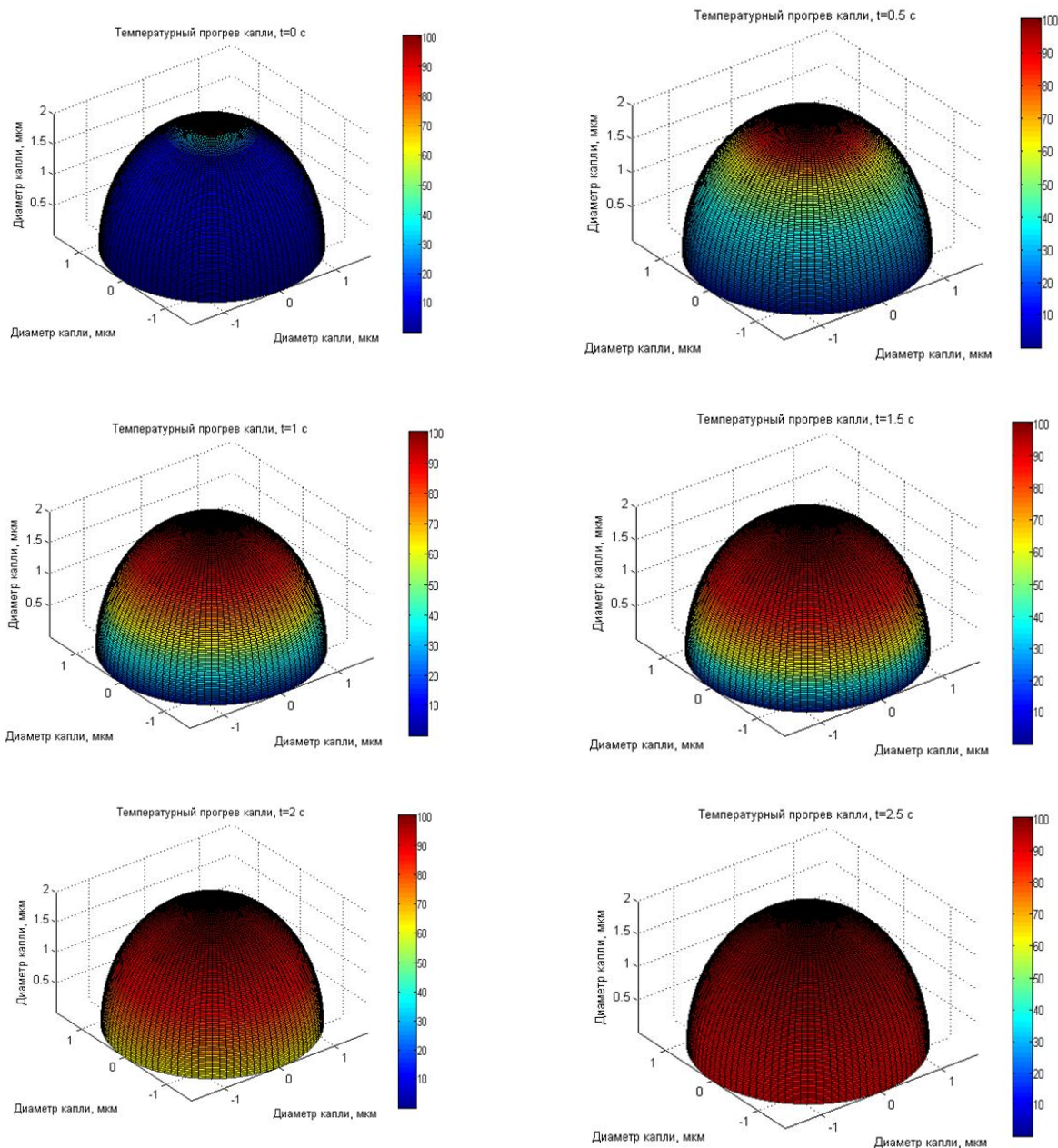


Рис. 3. Визуализация процесса прогрева капли диаметром 3.2 мкм в высокотемпературных тепловых потоках пожара

Исследование процесса прогревания капли до температуры кипения (рис.3) позволяет сделать вывод, что при подачи полидисперсной капельной фазы струи ТАВ в очаг пожара происходит не поверхностный прогрев капли,

а послойный. Поэтому при движении капель в полидисперсной группе будет происходить неравномерное испарение. Для обеспечения равномерного испарения необходимо, чтобы наибольшую плотность распределения в струе ТАВ имели капли среднего диаметра – 3,2 мкм, в нижней части струи соответственно должны быть более тяжелые капли диаметром до 6,6 мкм, в верхней части струи – капли диаметром не более 1,25 мкм. Таким образом будет обеспечен достаточно однородная плотность обогрева и реализовано равномерное испарение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роечко В.В. Применение температурно-активированной воды для тушения пожаров турбинных масел на объектах теплоэнергетики. [Электронный ресурс] / В.В. Роечко, А.В. Пряничников, Е.Б. Бондарев // Технологии техноферной безопасности. – 2015. – №4 (62). – С. 84-93. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25846407> (дата обращения 01.03.2021).
2. Азатян В.В. Особенности физико-химических механизмов и кинетических закономерностей горения, взрыва и детонации газов // Кинетика и катализ. 2020. № 3 Т.61 С. 291-311.
3. Liu H, Wang F Research on N2-inhibitor-water mist fire prevention and extinguishing technology and equipment in coal mine goaf, PLoS ONE 14(9), 2019, pp. 1-21
4. Azatyan, V.V. Suppression of Detonations by Efficient Inhibitors. Gaseous and Heterogeneous Detonations / V.V. Azatyan, G. Gg. Wagner, G.K. Vedeshkin. – М.: ENAS Publishers, 1999. – P. 331– 336.
5. Fleming Suppression effectiveness of aerosols: the effect of size and flame type / James W. Fleming, Bradley A. Williams and Ronald S. Sheinson./ Navy Technology Center for Safety and Survivability Combustion Dynamics Section. – 2019. – 21 s.В.А. Матвеев, О.Ф. Орлов Определение динамической вязкости вещества в зависимости от давления и температуры [Электронный ресурс] // Вестник московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. серия естественные науки 2009. № 3 (34). С. 116-118. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12939032> (дата обращения 10.04.2020)
6. Халиков Р.В. Аналитические аспекты ингибирования пламени водяными средами в метастабильном фазовом состоянии [Текст] / Р.В. Халиков, В.В. Роечко // Материалы XXVII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов»: – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2020. – С. 501.

ADDITIVES TO INCREASE FIRE RESISTANCE OF BUILDING CONSTRUCTIONS FOR OIL AND GAZ INDUSTRY

Khasanova O.T.¹, Rakhimbabaeva M.Sh.²

¹Tashkent State Technical University

²Tashkent Institute of Architecture and Civil engineering

Today, with the development of the construction industry, the demand for cement is also increasing. In increasing the volume of construction, cement is one of the resources available at the price of finished objects is achieved through cost reduction due to the use in the construction of modern high-quality building materials and products with lower energy consumption and with improved characteristics. Of particular importance is the production of effective cements based on industrial waste. On a global scale, special attention is paid to the development of new compositions of cements that increase the fire resistance of building structures and the most important task of research in this direction is the development of compositions based on industrial waste for Portland cement. When developing composite additives and based on them new compositions of highly effective composite Portland cement, in this direction it is necessary to substantiate a number of the following scientific solutions, in particular: development of new methods for the production of effective types of building products based on composite additives; development of new compositions for the production of nanocements with the participation of secondary raw materials; increase of concrete strength indicators on sulfate-resistant cements; optimization of the composition of raw materials in obtaining energy-saving clinkers and cements; modernization of production technologies for white and decorative Portland cement; to increase the production of auxiliary cements, the use of alternative sources of active mineral additives and filler additives.

In the Republic of Uzbekistan, large-scale measures for the production of high-quality cements are carried out, aimed at meeting the demand for cement, modernization of the economy and the creation of new production capacities are achieved. The Strategy for the Development of the Economy of the Country defines the tasks "development of production sectors, modernization and diversification of industry, in practice, apply methods of low-energy-saving technologies, production, modernization and diversification of industry, in practice, apply methods of low-energy energy-saving technologies, the development of the cement industry, the manufacture of import-substituting and export-oriented products." In this matter, scientific research aimed at the development of new compositions of composite additives based on industrial waste and new compositions of effective cements with their use is of great importance. Fire resistance is the ability of building structures to limit the spread of fire, as well as maintain the necessary performance at high temperatures in a fire [1].

Heat-resistant concrete is a special type of material that, under the influence of high temperatures (up to 1800 ° C), is able to maintain its own physical and

mechanical characteristics within established limits. Heat-resistant mixtures are successfully used in all areas of industrial construction, in no way inferior to small-sized refractory materials. For example, heat-resistant concrete GOST 20910–90, in comparison with conventional refractory materials, do not need special preliminary firing. Heat treatment (firing), heat-resistant concrete, takes place during limits. Heat-resistant mixtures are successfully used in all areas of industrial construction, in no way inferior to small-sized refractory materials. For example, heat-resistant concrete GOST 20910–90, in comparison with conventional refractory materials, do not need special preliminary firing. Heat treatment (firing), heat-resistant concrete, takes place during the first heating of the finished structure, at the time of the start-up of the thermal unit [2].

Data on the limits of fire resistance and fire spread are used in the design of buildings and structures. The latter, according to regulatory documents, are divided by degree of fire resistance into five groups. For them, the required limits of fire resistance (minimum) and the spread of fire (maximum) of the main building structures are established. Depending on their type, the indicated limits of fire resistance vary from 0.25 to 2.5 hours, the limits of the spread of fire from 0 to 40 cm. The increase in fire resistance is achieved by fire protection methods.

To improve the structure of the cement composition and increase the strength of structures, mineral components (battled magnesite or fireclay bricks, andesite, blast-furnace granulated slag, loess like loam, fly ash, etc.) are added to the binder, which have the necessary fire resistance. When heating reinforced concrete structures, destructive processes occur not only in cement binders, but also in the used aggregates. The occurrence of these reactions is explained by the uneven thermal expansion of the mineral aggregates. Therefore, you need to carefully approach the issue of choice of aggregates for a particular brand of heat-resistant concrete. We conducted studies to determine the possibility of the integrated use of mechanically chemically activated additives of the OTKh series based on the ash and slag of the Novo-Angren TPP (thermal power plant) and the phosphogypsum waste of Maxam-Ammonfos OJSC.

The SO_3 content is 21.89% and 13.36% in OTKh-1 and OTKh-2, respectively, the results of chemical analysis of the mechanically chemically activated additives of the OTKh series indicate the possibility of their use as active mineral additives, and possibly a setting time regulator in return gypsum stone for fire-resistant and heat-resistant cements, concrete and building structures. According to table 2, in the initial stages of hardening, the strength of cements POTKh-2-15, POTKh-2-20, at the age of 7 days amounted to 26.8 MPa and 24.1 MPa, respectively, which practically does not differ from the strength of the control cement PC-A0 (26.8 MPa). The chemical activity of the mechanically chemically activated additive "OTKh" in the absorption of lime was 54.5 mg, which corresponds to the minimum permissible activity characteristic of the group of artificial (technogenic) aluminosilicate hydraulic additives. Therefore, the OTKh additive is a chemically active mineral additive, and is classified by its origin (manufacture) as an artificial additive of technogenic origin, acidic in chemical composition, and hydraulic in chemical activity. Despite the presence of many modern and interesting construction solutions with the "OTKh-1"

on the based, traditional monolithic flat still has numerous followers. This is caused by a few different reasons. First and foremost, when building home flat and flooring, there is no need to use heavy equipment. Besides, construction materials necessary for building it can be acquired without problems – steel bars and concrete can be bought easily, while planks can be later used to build the roof. Furthermore, monolithic flat can be built in a variety shapes, also including atypical, with the “OTKh-1”. That and it is not too thick (from a few to a dozen or so centimetres) and is characterized by good acoustic and thermal insulation characteristics. If it is building according to the best construction practices, reinforced concrete flooring forms a smooth and even surface on both sides that is the floor and the ceiling. Unfortunately, they also have some disadvantages. First and foremost, they are relatively heavy and building them is labor-intensive with the “OTKh-1”, since they require full formwork and complicated reinforcement, constructed by a professional. Furthermore, there should be no stoppages during the works – after setting up the formwork and reinforcement with the “OTKh-1”, concrete should be poured immediately, of course while remembering to vibrate and cure it properly. Unassisted construction with the “OTKh-1” of such flooring is impossible and thus help of excellent professionals should be employed during the mentioned works.

The results of electron microscopic analysis of the OTKh additive confirm the formation of a crystalline structure during the autoclave treatment of a mixture of phosphogypsum and ash and slag, and that it is similar to the structure of hardening cement paste in the early periods of hardening and is represented mainly from hydrated sulfate-containing minerals and neoplasms in the form of hydrosulfoaluminate and low basic hydro silicate compounds.

When “OTKh” additives are introduced into the cement, these hydrated neoplasms play the role of crystalline seeds – “crystallization centers”, which initiate the emergence of new nuclei of the hydrosulfoaluminate and hydrosilicate type neoplasms, accelerate their crystallization and the formation of the crystalline skeleton of the hardening cement dispersion, and as a result intensify the processes of hydrolysis and hydration of aluminate and silicate minerals of clinker PC.

To study the effect of the additive “OTKh-1” on the physic-mechanical properties of the PCs of JSC “Bekabadcement”, blends were prepared including “65-85% PC clinker + 15-35% “OTKh-1”, and for comparative tests -“ 95% PC clinker + 5% gypsum stone. The additive "OTKh-1" was introduced into the raw material charge taking into account the content of 8.56% SO₃. It has been established that in the presence of “OTKh-1” additive, the grindability of mixtures is increased compared to grinding clinker PC with 5% gypsum stone: with a constantly fixed time (40 min), the fineness of grinding cements with “OTKh-1” determined by the residue on sieve No. 008, varies within (2-6)% compared with 10% of the remainder of PC-D0. Cements with the addition of “OTKh-1” meet the requirements of GOST 10178 on the content of SO₃ (2.33-3.80%), because for ND, the optimal SO₃ content in the PC should be at least 1.0% and not more than 4.0% by weight. The rates of initial reactions of cements with the addition of “OTKh-1” with water are little different from the rates of reactions of a non-additive PC. The process of starting the setting of cements PC-F15, PC-F20, PC-F 25 is extended by (15-30) min.

The increase in water demand of additional PCs is explained by the increased content of aluminates phases in them and a finer degree of grinding in comparison with PC-D0 cement. In accordance with the data in table 4, the strength of cement with the addition of 15% “YUT-1” (PC-F15), both at the age of 28 days of normal hardening, and with longer curing (3 months) practically do not differ from the strength of cement PC-D0.

Constructions with a new fire additive all over the world rely on concrete as a strong material that provides fire safety and is easy to handle. It can be found in almost all building types – residential, oil and gas reservoirs storage, multi-flat and even in municipal infrastructure. Despite its wide range of use, many of its users still do not know about the fire materials with the “OTKh-1” directly connected to ensuring the endurance and high quality of concrete. The term “concrete strength class” means the endurance of concrete against compression, no more, no less. It determines the amount of stress the material can take. Concrete strength is determined by measuring the crushing strength of cubes or a cylindrical sample made from a pre-prepared mixture. After the measuring and strength determining, concrete is assigned a strength class.

Based on the studies, a technology has been developed to produce effective composite additives from industrial waste – a mechanically-chemically activated mixture of ash from the Novo-Angren TPP + phosphogypsum. Taking into account the double effect on the cement of the mechanically chemically activated mixture “OTKh-1” in the amount of 15-20% as an active mineral additive and a regulator of setting time instead of natural gypsum stone, its large-scale introduction is recommended.

REFERENCE

1. Khasanova O.T. Some problems of increasing the fire resistance and heat resistance of concrete. Readings of A.I. Bulatov: Materials of III-International scientific and practical conference (on March 31, 2019) in 5 vol.4: Chemical technology and ecology in the oil and gas industry. Conference bulletin Krasnodar (Russia), 2019.
2. Basin B.U. Fire resistance and heat resistance betons. Moscow, 2014.–с.340.

ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МЕСТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТАХ ЖИЛОГО СЕКТОРА

Шавырина Т.А., Маштаков В.А., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский Ордена
«Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
МЧС России

В соответствии со статьей 21 Федерального закона от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» для производств в обязательном порядке разрабатываются планы тушения пожаров, предусматривающие решения по

обеспечению безопасности людей. Разработке любого плана тушения пожара должен предшествовать глубокий анализ особенностей объекта и его противопожарного состояния с прогнозированием места возникновения и развития возможных ситуаций, а также масштабов их последствий. Таким образом, анализ возможных мест возникновения пожаров на различных объектах имеет важное значение для организации тушения пожара и эвакуации людей, особенно актуальна эта информация для объектов жилого сектора, поскольку именно там зафиксировано наибольшее количество пожаров и погибших людей.

В настоящей работе проведено изучение распределения пожаров по местам возникновения пожаров на объектах жилого сектора Российской Федерации за период 2019-2020 гг. Для анализа использована статистическая информация [1; 2].

На рис. 1 представлено соотношение по количеству пожаров в различных местах возникновения на объектах жилого сектора в 2019-2020 гг.

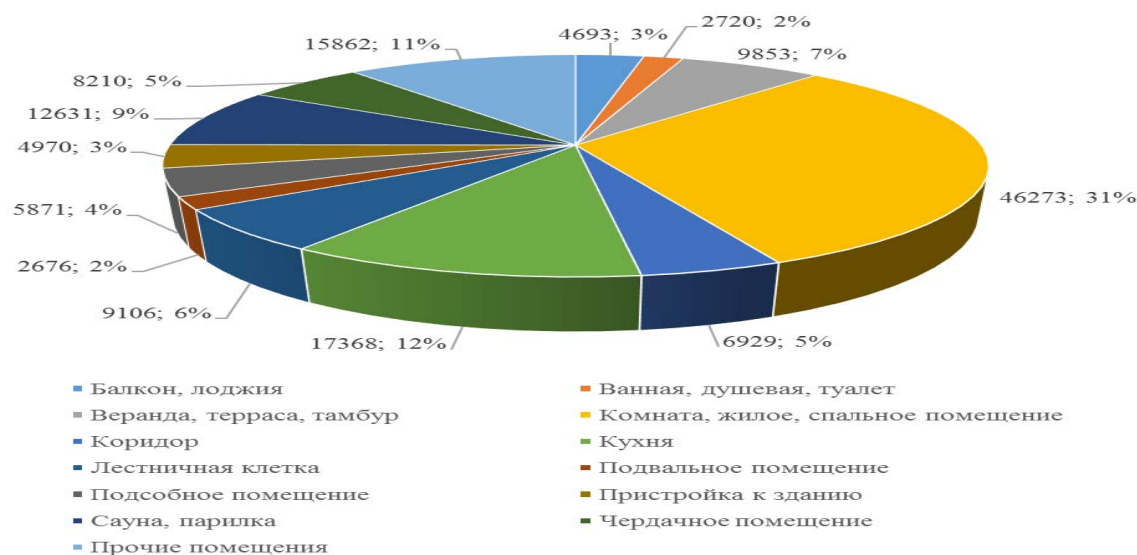


Рис. 1. Распределение пожаров по местам их возникновения на объектах жилого сектора в 2019-2020 гг.

Как видно из рис. 1, чаще всего пожары в жилом секторе возникают в жилых комнатах (31% случаев) и кухнях (12%).

На рис. 2 представлены значения количества погибших при пожарах людей в расчете на 1 пожар в различных местах возникновения пожаров на объектах жилого сектора в 2019-2020 гг.

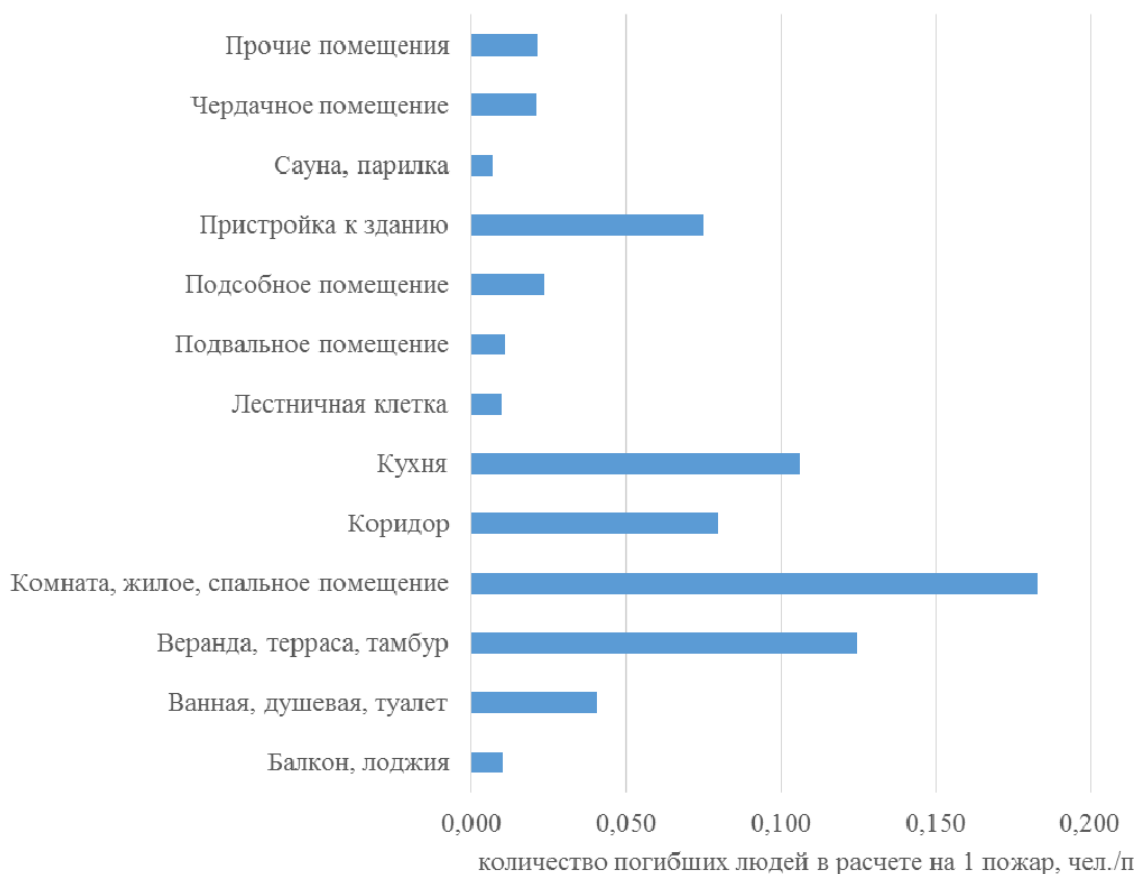


Рис. 2. Количество погибших при пожарах людей в расчете на 1 пожар в различных местах возникновения пожаров на объектах жилого сектора в 2019-2020 гг.

Как видно из рис. 2, больше всего гибнет людей при возникновении пожара в жилых комнатах, верандах и кухнях.

Предлагается использовать в качестве дополнительного для оценки уровня пожарной опасности различных мест возникновения пожара показатель «доля травмированных при пожарах людей от общего количества пострадавших людей при пожарах». Данный показатель оценивает вероятность выживания людей, оказавшихся в зоне воздействия опасных факторов пожара, приводящих к травме или гибели человека, и характеризует величину факторов пожарной опасности. Большие значения этого показателя могут свидетельствовать о низком уровне пожарной опасности – нанесенный вред здоровью не приводит к гибели пострадавших [3-4]. На рис. 3 представлены соотношения доли травмированных при пожарах людей от общего количества травмированных и погибших людей при пожарах в различных местах возникновения пожаров на объектах жилого сектора в 2019-2020 гг.

Наиболее безопасными оказались пожары на объектах жилого сектора, возникающие на балконах или лоджиях, в подвальных помещениях и лестничных клетках. Наиболее опасными – в жилых комнатах, верандах или террасах и пристройках к зданию.

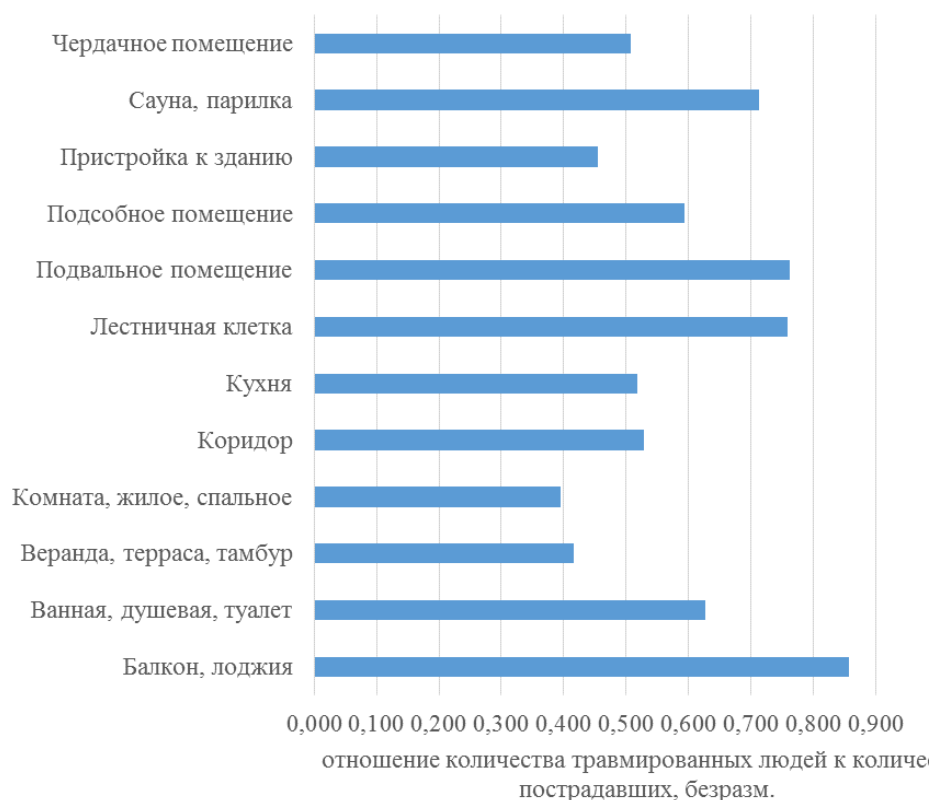


Рис. 3. Доля травмированных людей от суммы погибших и травмированных при пожарах людей в различных местах возникновения пожаров на объектах жилого сектора в 2019-2020 гг.

Проведенный анализ мест возникновения пожаров выявил наиболее уязвимые с точки зрения пожарной опасности места на объектах жилого сектора. Следует уделить этим местам повышенное внимание при разработке планов тушения пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник // Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – Москва: ВНИИПО, 2021. – 112 с.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник // Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – Москва: ВНИИПО, 2020. – 80 с.
3. Харин В.В., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю. Статистический подход оценки степени пожарной опасности по соотношению травмированных и погибших при пожарах людей. – Вестник НЦ БЖД. – 2019. – №4. – С. 127-135.
4. Харин В.В., Порошин А.А., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В., Кондашов А.А. Соотношение числа травмированных и погибших как показатель опасности последствий пожара. // Сборник материалов XXXI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности». Москва, 2019. С. 568-571.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИФТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Юнчиц А.П.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Количество высотных зданий и небоскребов в мире стремительно растет. В Республике Беларусь в последние годы также интенсивно развивается высотное строительство. В связи с этим пожары в высотных зданиях являются одной из ключевых современных проблем безопасности человека. С повышением этажности зданий по данным статистики число жертв обычно возрастает из-за того, что половина проживающих в высотных зданиях не могут своевременно покинуть его из-за «неудобной» эвакуации.

По мнению специалистов, на сегодняшний день все высотные здания и небоскребы не оборудованы средствами, способными обеспечить массовую, комфортную и безопасную эвакуацию людей в случае крупного пожара [1].

Эвакуация с помощью лифтов является наиболее оптимальной. Однако для применения лифтов при эвакуации граждан в случае пожара необходимо решить несколько проблем:

1. Лифты и шахты лифтов должны быть абсолютно не горючи, огнестойки длительное время и недоступны для попадания пламени и дыма во время нахождения в них людей.

2. Перемещение лифтов с эвакуируемыми людьми не должно быть связано с обычными тросовыми подъемными механизмами, зависимыми от энергоснабжения и обычной механической тяги.

3. Лифты должны быть способны во время пожара переместиться вместе с эвакуируемыми людьми вниз на любой этаж даже в условиях полного отсутствия электроснабжения.

4. Пространство в лифтовых шахтах, над и под лифтами должно быть устойчиво к огневому воздействию и недоступно для огня, дыма.

Ни один из известных в мире типов лифтов не соответствует вышеперечисленным требованиям, несмотря на наличие самых разнообразных технических решений.

Наиболее подходящими по всем характеристикам являются пожарно-эвакуационная система «ARC» и плавающие лифты.

Фасадные пожарно-эвакуационные подъемники «Automatic Rescue Climber» («ARC»), разработаны московским изобретателем Корчагиным Павлом Владимировичем [2]. Подъемники обеспечивают безопасный подъем спасателей с тяжелым оборудованием к любой высотной отметке зданий и комфортную эвакуацию людей, включая категорию лиц с ограниченными физическими возможностями.

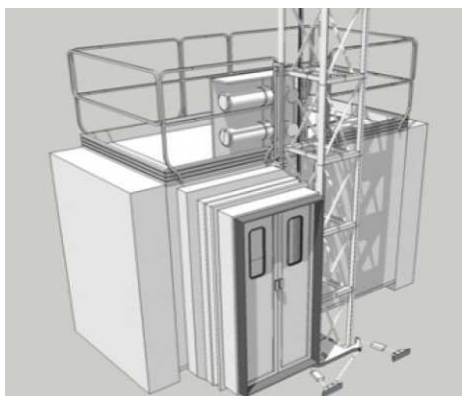


Рис. 1. Модель пожарно-эвакуационного подъемника «ARC», оборудованная выдвижным тамбуром для герметичного соединения подъемника с окном здания

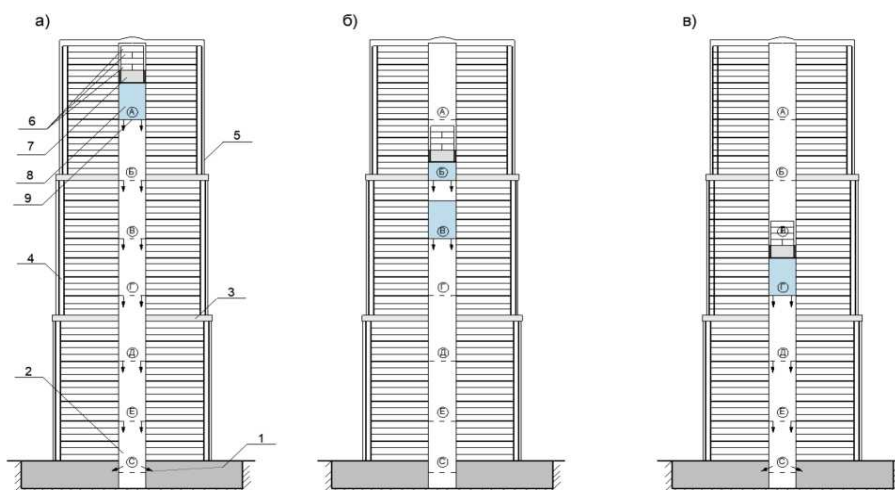
Кабина подъемника «ARC» оборудована устройством для герметичного соединения подъемника с окном здания. Такое устройство выполнено, например, в виде выдвижного тамбура, обеспечивающего возможность перехода людей и переноса грузов из подъемника вовнутрь здания и обратно. Герметичное соединение тамбура с окном здания, после вскрытия стеклопакета исключает образование внешнего поддува воздуха вовнутрь здания, и, соответственно, усиление пожара. Ходовая часть подъемника «ARC» взаимодействует с мачтовыми или рельсовыми направляющими, которые монтируются в фасадной части здания и обеспечивают подъемнику надежное закрепление, высокую скорость передвижения и высоту подъема до 500 м и выше. Все узлы подъемника имеют предел огнестойкости не менее 1 часа [2].

Еще один способ эвакуации людей из высотных зданий разработали в Московском институте материаловедения и эффективных технологий. Суть его – лифты, плавающие в эвакуационных шахтах [3].

Основной идеей изобретения является создание устройства для эвакуации при пожарах с использованием столбов воды, поддерживающих специальные спасательные лифты с людьми, плавающие в эвакуационных шахтах, встраиваемых в один или несколько стволов жесткости зданий, отдельно или вместе с остальными лифтами. Такие лифты полностью соответствуют вышеперечисленным требованиям.

Это достигается тем, что в устройстве для эвакуации людей при пожарах в высотных зданиях и сооружениях, включающем спасательные лифты и лифтовые эвакуационные шахты, расположенные в одном или нескольких стволах, спасательные лифты выполнены в виде плавающей каркасной многоэтажной конструкции с одной или двумя площадками на высоту этажа, с защитными легкими ограждениями – в верхней части и в виде понтона – в нижней части. Лифтовые эвакуационные шахты выполнены из металла и/или высокопрочного водонепроницаемого бетона и разделены на отсеки высотой в 5-15 этажей высотного здания или сооружения запорными диафрагмами, не препятствующими в максимально открытом состоянии прохождению плавающих лифтов.

В качестве примера на рисунках 2 и 3 приведены схемы реализации предлагаемого технического решения в высотном здании [4].



а – исходное положение плавающего лифта:

1 – фундаментная конструкция здания; 2 – центральный ствол; 3 – опорные платформы – технические этажи; 4 – колонны из трубобетона; 5 – наружные стены; 6 – этажи плавающего лифта; 7 – понтон плавающего лифта; 8 – ствол воды, удерживающий плавающий лифт; 9 – диафрагма для регулирования прохождения воды;

б – плавающий лифт во время движения сверху вниз в эвакуационной шахте к месту эвакуации; в – положение плавающего лифта в эвакуационной шахте во время эвакуации людей из очагов пожара одновременно с 4х этажей;

А,Б,В,... – отсеки по 9 этажей.

Рис. 2 – Плавающий лифт

Вместимость и грузоподъемность спасательных плавающих лифтов, исходя из следующих экспериментальных данных, составляет примерно 7 человек на 1 м² поверхности лифта [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Средства спасения с высоты: мобильные, спусковые, стационарные [Электронный ресурс] // Сетевое издание «Fireman.club». – 23.03.2018. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/sredstva-spaseniya-s-vyisoty-mobilnyie-spuskovyye-statsionarnyye/>.
2. Первая в мире фасадная пожарно-эвакуационная система для небоскребов [Электронный ресурс] // Новости технологий: Достижения науки и техники. – 25.07.2011. – Режим доступа: <http://techvesti.ru/node/4288>.
3. Устройство для эвакуации людей при пожарах в высотных зданиях и сооружениях [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2381982>.
4. В.П.Генералов. Особенности проектирования высотных зданий. // Самара: Самарское книжное изд-во, – 2007. – С. 256.
5. В.Постнов, С.Орищенко, Ю.Шевченко. Обеспечение экстренной эвакуации людей из высотных зданий. Проект «Одноразовый лифт» // Строительная инженерия. – 2006. – № 8. – С.56-64.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИИ К РЕЗЕРВУАРНЫМ ПАРКАМ И НЕФТЕГАЗОХРАНИЛИЩАМ

Юсупов У.Т., Мухамедов Н.А., Касимов И.У.

Ташкентский архитектурно-строительный институт

В последнее время особое внимание уделяется к вопросам повышения пожаро-взрывобезопасности нефтебаз и нефтехранилищ, в частности к созданию огнепреградительной стенки к резервуарным паркам нефтебаз, нефтехранилищ и автозаправочных станции [1]. Потеря несущей способности строительной конструкции характеризуется ее обрушением или прогибом.

Количественно огнестойкость строительных конструкций характеризуют пределом огнестойкости, т.е. временем (в часах или минутах), по истечении которого строительная конструкция теряет несущую или ограждающую способность. Потеря ограждающей способности – это образование в несущих конструкциях трещин, через которые в соседние помещения могут проникать продукты горения и пламя, или прогрев строительных конструкций до таких температур, при которых возможно самовоспламенение веществ в смежных помещениях.

Для повышения огнестойкости зданий и сооружений их металлические конструкции мы рекомендуем стенок к резервуарным паркам нефтебаз, нефтехранилищ и автозаправочных станции оштукатуривать или облицовывать материалами с низкой теплопроводностью. Хороший эффект дает окрашивание металлических и бетонных конструкций специальными огнезащитными покрытиями (например, типа ВПМ) [2].

Существенное значение имеет зонирование территорий, которое заключается в группировании на территории предприятий, цехов и участков с повышенной пожарной опасностью в определенных местах (с подветренной стороны). Кроме того, необходимо учитывать рельеф местности. Например, склады и резервуары с горючим надо располагать в низких местах, чтобы при возникновении пожара разлившаяся горючая жидкость не могла стекать к низлежащим зданиям и сооружениям.

При разрушении аппаратов вследствие взрывного повышения давления создаются условия для быстрого распространения пожара в результате выброса горящего содержимого аппарата в производственном цехе или на открытой площадке, повреждения осколками соседнего технологического оборудования, разрушающего действия ударной волны. Разрушение аппаратов при взрывном повышении давления технологической среды часто приводит к гибели людей, оказавшихся в зоне поражения опасными факторами пожара. При отсутствии эффективных средств защиты взрывное разрушение аппаратов вызывает повреждение зданий, сооружений и оборудования, увеличивает размер ущерба, осложняет обстановку на пожаре, затрудняет действия по ликвидации аварии и пожара. Поэтому защита технологического оборудования от взрыва позволяет обеспечить взрывобезопасность всего производства [3].

Для изменения параметров движения жидкости созданием обвалований, в свою очередь, является возмущением, вызывающим перемещение вниз по течению волны прорыва. Вследствие резкого изменения глубины потока на сравнительно коротком расстоянии (рассматривается расстояние от стенки резервуара до защитного ограждения) движение жидкости будет быстро изменяться, а волна прорыва – соответственно прерывной волной, которая характеризуется резкой нестационарностью потока, наличием резкого фронта в виде бора (вала), достигающего значительной высоты и движущегося с большой скоростью, а также большой разрушительной силой. При этом типе движения профиль волны имеет резко выраженную кривизну линий тока, изменение которой столь круто, что профиль потока, по существу, разрывается, приходя в состояние высокой турбулентности. Однако форма движения волны неустойчива, и если в начале профиль волны характеризуется крутым фронтом, то по мере продвижения волны по сухому руслу он быстро расплывается. При неограниченной ширине отводящего русла возникает свободное растекание, на внешних границах которого глубина стремится к нулю [4].

Недостатком устройство является то что, в реальных условиях при ограниченной ширине отводящего русла бурный поток набегает на берега ограждения отводящего русла и промывает, перехлестывает или разрушает их.

Наиболее близкой по технической сущности разработкой является устройство, где для ограничения аварийного растекания Легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) в этом случае предлагается обустройство специальной защитной стены с отбойным козырьком, способной удержать поток жидкости и свести к минимуму последствия техногенной аварии. Конструкция такой преграды показана на рис.

Отличительной особенностью разработанного устройства является отбойный козырек в ее верхней части, который отбрасывает (закручивает в противоположную сторону) поток надвигающейся жидкости и предотвращает ее перехлест через обвалование.

Недостатком устройства является то, что на них установлены отбойные козырьки небольшого размера, которые способны удержать поток горючей жидкости сравнительно небольших резервуаров, а также, если резервуары размещены на более высоких отметках по отношению к промышленным установкам, предприятиям и населенным пунктам и расположены от них на меньшем расстоянии, чем установлено нормами, из-за невысокой устойчивости стенки, наряду с защитной стеной необходимо применять дополнительные защитные устройства: второй земляной вал или ограждающую стену; отводные каналы, (траншеи); открытые земляные амбары. Невысокая устойчивость обуславливается тем, что в нижней части защитной стенки имеется только один бетонный выступ, при воздействии ударной волны с высоким давлением защитная стена может опрокинуться. Задачей проводимых нами исследований является то, что параметры отбойных козырьков и высота защитной стенки при гидродинамическом воздействии должна быть значительно выше, чем используемая на практике нормативная, что подтверждает также статистика разливов жидкостей при разрушениях вертикальных стальных резервуаров (ВСР).

Отличительной особенностью защитной стены является отбойный козырек в ее верхней части более крупного размера, который отбрасывает (закручивает в противоположную сторону) поток надвигающейся жидкости и предотвращает ее перехлест через обвалование, а также в нижней части защитной стены имеются два выступа, повышающие устойчивость стен при воздействии ударной волны с высоким давлением.

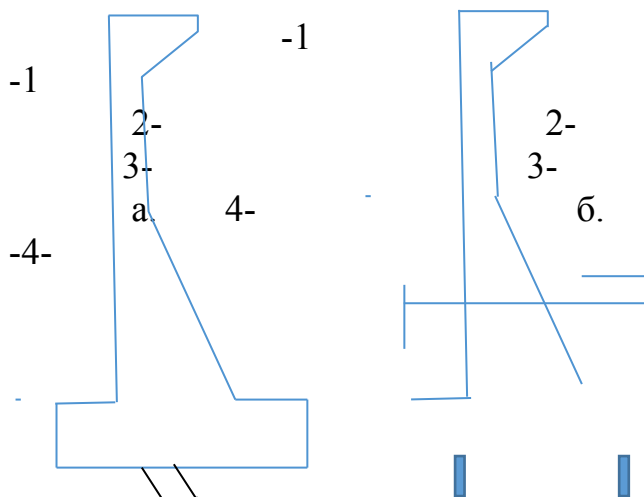
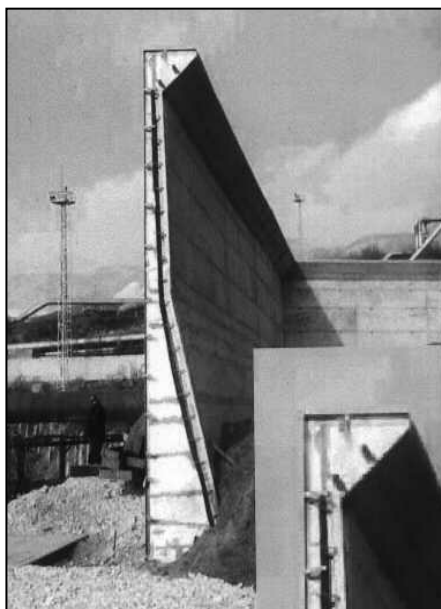


Рис. Общий вид защитной стены с отбойным козырьком для вертикальных стальных резервуаров ВСР-30000 на нефтебазе «Шесхарис» г. Новороссийска (а) и разработанная (б). 1 – козырек, 2 – вертикальная стена, 3 – фундамент, 4 – железобетонный выступ

Таким образом, возникла острая необходимость анализа существующих нормативных требований по ограничению площади разлива нефти и нефтепродуктов в случае полного разрушения резервуара, а также разработки адекватных этой опасности современных систем и способов защиты, направленных на минимизацию негативного воздействия опасных факторов на население и окружающую среду. Только в последнее время, в связи со строительством резервуаров большого объема и участвовавшими случаями их разрушений при очевидной неэффективности нормативной защиты, стали применяться как в странах СНГ, так и за рубежом специальные защитные стены с отбойным козырьком из монолитного железобетона или резервуары с двойными стенками. Отечественный и мировой опыт защиты территорий от разлива нефти и нефтепродуктов в случае аварий резервуаров показывает, что эффективность защиты во многом должна определяться соблюдением следующих концептуальных принципов:

- гарантированность – безусловное предотвращение распространения разлива горючей жидкости за пределы защитного сооружения;
- активность – минимизация воздействия на население, постройки и окружающую среду сопутствующей гидродинамической аварии других опасных факторов (тепловое излучение пожара разлива, загазованность территории и др.);

- безопасность – снижение негативного воздействия опасных факторов на личный состав пожарной охраны, участвующий в ликвидации пожаров в резервуарных парках и используя при этом технику;

- стойкость – способность сохранять свойства при атмосферных воздействиях, воздействии теплового излучения пожара разлива, резервуара, группы резервуаров или пожара за огражденной территорией (в течение времени, необходимого для его ликвидации);

- многофункциональность – совмещение функции защиты от гидродинамического разлива жидкости с возможностью использования в других целях (прокладка внутри объектовых дорог, размещение стационарных систем пожаротушения и др.);

- экологическая чистота – сохранение экологической обстановки в объекте и прилегающей к нему местности (установка внутри ограждающего сооружения экранов, исключающих инфильтрацию аварийно разлившегося продукта в грунт);

К одному из современных способов защиты резервуарных парков, удовлетворяющих рассмотренным выше принципам, относится разработанная нами противопожарная преграда в виде ограждающей стены с волноотражающим козырьком, общий вид которой показан на рис. 2. Ограждающее сооружение состоит из вертикальной стены 2, предназначенной для отражения основного потока, опирающейся на опорное горизонтальный фундамент 3, в нижней части которого мы на основе проведенных расчетов и численного моделирования мы предлагаем установить два выступа 4, препятствующие опрокидыванию стены при воздействии на нее ударной волны прорыва, образующейся при разрушении резервуара.

Верхняя часть вертикальной стены оборудована волноотражающим козырьком 1, обращенным в сторону резервуара, позволяющим существенно уменьшить высоту стены и предотвратить перехлест жидкости через нее. Применение в резервуарных парках такой противопожарной преграды позволяет обеспечить требуемый уровень пожарной безопасности объектов хранения нефти и нефтепродуктов, а также значительно снизить ущерб от аварии. Для повышения огнестойкости зданий и сооружений их металлические конструкции мы рекомендуем стенок к резервуарным паркам нефтебаз, нефтехранилищ и автозаправочных станции оштукатуривать или облицовывать материалами с низкой теплопроводностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корольченко А.Я. Процессы горения и взрыва. – М.: издательство «Пожнаука», 2007. – 266 с.
2. Шароварников А.Е., Молчанов В.П. и др. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами. – М. 2002 г., стр. 205-221.
3. Иванчук С.М., Лебедев И.А. Предупреждение распространения пожара при разрушении технологического оборудования. – М.: Стройиздат. 2000 г. с.34-40.
4. Семенов Н.В., Кабанов И.А. Вопросы безопасности нефтехранилищ. Журнал «Нефтехимия и нефтепереработка». №4, 2016 г. – с.45-49.

Секция 2

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

CONNECTION OF THE GAS PIPELINE SECTIONS FOR REMOTE SAMPLING DURING THE ELIMINATION OF FIRES IN MINES

Agarkov A.V.

The “Respirator” State Scientific Research Institute of Mine-rescue Work, Fire Safety and Civil Protection of the Ministry of the Donetsk People’s Republic for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters

According to works [1, 2], a promising direction within the framework of gas monitoring in accidents in mines is the choice of devices for the hermetic connection of the gas pipeline sections for the remote sampling of fire gases.

A gas main (a pipeline) is designed to pump out the fire gas samples within the significant (safe) range from the emergency area without altering the initial gas composition. The sets of pressure pipe coils made of polyethylene or unplasticized polyvinyl chloride with the outer nominal diameter of 12 to 16 mm and the wall thickness of 2 mm are used the main line (pipeline) [3].

Based on the scientific and technical analysis and the experimental research, the conical adapter fittings from 8 to 12 mm (fig. 1) for the hermetic connection of the individual coils of the gas main (pipeline) with subsequent fastening of the ends with clamps, compression crimp fittings and quick disconnect couplings shown in fig. 2, as well as other devices that ensure a tight connection of the coils of the main (pipeline) should be used for.

The principle of operation of compression fittings is as follows: the collet crimps the pipeline which is fastened by the fitting. Crimping is done by tightening the crimp nut. In the process of tightening the clamping nut, the collet starts deforming and pressing on the outer surface of the pipeline, pressing its inner surface to the fitting. A split brass ring is the most often used as a collet, and sometimes for this purpose a special split sleeve is used too.

The quick disconnect couplings are currently the one of the most convenient and effective devices used in connecting the pipelines.

Structurally, these connections consist of a sleeve and a nipple. The coupling consists of a body, a locking mechanism, a non-return valve, seals, a separate or integrated connection adapter. The nipple has a body, a non-return valve, a separate or integrated connection adapter and a connection seal. All main elements rotate relatively to each other by 360°.

The principle of operation of the quick-release coupling is as follows: the locking sleeve on the coupling is pushed towards the adapter, the coupling is inserted

into the nipple until it stops, then the locking sleeve is released. The disconnection is carried out in the reverse order in order. To do this, it is necessary to ensure the mobility of any part of the device, which is possible in order achieved after connecting to the pipeline (line).

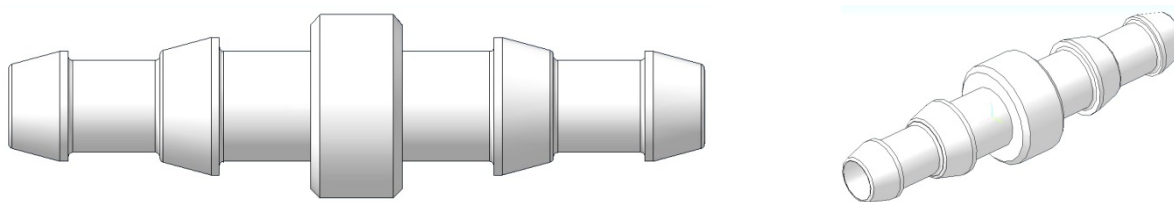


Fig. 1. Taper reducer from 8 to 12 mm



a)

b)

c)



d)

Fig. 2. Compression fittings: a) straight coupling, b) tee 90°, c) knee (release 45° and 90°), d) quick disconnect couplings

Thus, in this research, the overview of the devices recommended for the hermetic connection of the gas main (pipeline) sections for the remote sampling of the fire gases in mines has been presented.

The promising direction for further research is the development of a system for the remote sampling of fire gases that uses a small-sized vacuum pump (operating on removable batteries and having appropriate tolerances) as a flow rate stimulator, which will enable the autonomous remote sampling without using the mine's electrical and pneumatic network, or the compressed air cylinders.

REFERENCE

1. Agarkov, A. Analysis of foreign scientific works on development of technical means for remote gas sampling in coal mines / A. Agarkov // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования : науч. журн. – Донецк : ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР. – 2020. – № 1 (5). – С. 18-25.

2. Agarkov, A. Analysis of the emergency at the mining enterprises and evaluation of the method of remote selection of samples of mine air when conducting mine-rescue work / A.Agarkov// Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования : науч. журн. – Донецк : ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР. – 2019. – № 2 (3). – С. 10-20.
3. Агарков, А.В. Выбор трубопровода для дистанционного отбора газовых проб при ведении горноспасательных работ / А.В.Агарков // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования : науч. журн. – Донецк : ГОУВПО «Академия гражданской защиты» МЧС ДНР. – 2020. – № 1 (5). – С. 33-39.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Басько Е.В., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Развитие промышленности в современном мире не могло ни отразиться на состоянии окружающей среды и гидросферы, в частности. В настоящее время нет такой сферы деятельности человека, где бы ни использовались водные ресурсы и не происходило загрязнение водной оболочки Земли. Вода является одним из ценнейших ресурсов на планете, в особенности пресная вода, на долю которой приходится 2,53 % от общих мировых запасов. В современном мире идут по пути вторичного использования сточных вод от различных отраслей промышленности, транспортной инфраструктуры, сельского хозяйства.

Сточные воды – любые воды и атмосферные осадки, отводимые в водоемы с территорий промышленных предприятий и населенных мест через систему канализации или самотеком, свойства которых оказались ухудшенными в результате деятельности человека [1].

Сброс в окружающую среду бытовых и промышленных стоков без предварительной обработки повлек бы за собой настоящую экологическую катастрофу. Поскольку химический состав отходов по мере развития технологий становится все более разнообразным и агрессивным, методы очистки сточных вод постоянно совершенствуются. Очистка сточных вод – комплекс мероприятий по удалению загрязнений, содержащихся в бытовых и промышленных сточных водах перед выпуском их в водоемы [1, 2].

Сточные воды могут быть классифицированы по источнику происхождения на [1-3]:

- 1) Производственные (промышленные) сточные воды (образующиеся в технологических процессах при производстве или добыче полезных ископаемых), отводятся через систему промышленной или общесплавной канализации.

- 2) Бытовые (хозяйственно-фекальные) сточные воды (образующиеся в жилых помещениях, а также в бытовых помещениях на производстве,

например, душевые кабины, туалеты), отводятся через систему хозяйственно-бытовой или общесплавной канализации.

3) Поверхностные сточные воды (делятся на дождевые и талые, то есть образующиеся при таянии снега, льда, града), отводятся как правило через систему ливневой канализации. Так же могут называться "ливневые стоки".

В зависимости от происхождения состав сточных вод различен. В целом загрязняющие вещества подразделяются на:

- биологические, содержащие грибки, бактерии, водоросли и микроорганизмы;

- химические – наиболее распространенные виды загрязняющих веществ, куда относятся нефть, тяжелые металлы, ПАВ, и т.д.;

- физические – радиоактивные вещества, взвешенные частицы, ил и т.д.

Основная цель очистки сточных вод – это удаление из воды различных вредных веществ и продуктов, попавших в нее в течение технологического цикла.

Задача по обработке осадка состоит в подготовке возникающего при очистке сточных вод осадка таким образом, чтобы он мог быть удален в соответствии с правилами, экономично и безвредно, т.е. без негативного общеэкологического влияния на природные источники водоснабжения.

Современные способы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биохимические. В процессе очистки сточных вод образуются осадки, которые подвергаются обезвреживанию, обеззараживанию, обезвоживанию, сушке, возможна последующая утилизация осадков. Если по условиям сброса сточных вод в водоем, требуется более высокая степень очистки, то после сооружений полной биологической очистки сточных вод устраивают сооружения глубокой очистки. Подробнее рассмотрим способы очистки сточных вод [3].

Химические методы очистки сточных вод основаны на применении химических реагентов:

1) Нейтрализация: данный метод призван обезвреживать кислоты и щелочи путем преобразования их в безопасные вещества. С такими загрязнителями приходится иметь дело при очистке стоков промышленных предприятий. Если в наличии имеются и кислотные, и щелочные стоки, их можно нейтрализовать путем простого смешивания. Для нейтрализации кислотных вод применяют щелочные отходы, едкий натр, соду, мел и известняк. Для реализации данного метода на предприятиях устанавливают фильтры и различные устройства.

2) Окисление: окислению подвергают те виды загрязнений, которые невозможно обезвредить другими способами. В качестве окислителей применяют кислород, бихромат и перманганат калия, гипохлорит натрия и кальция, хлорную известь и другие реагенты.

3) Восстановление: с помощью данного метода можно обезвредить соединения хрома, ртути, мышьяка и некоторых других элементов, которые являются легко восстанавливаемыми. В роли реагентов выступают диоксид серы, гидросульфит натрия, водород и сульфат железа.

- Биохимические – применение различных микроорганизмов для удаления и разложения органические загрязнения. Очистные станции, работа которых основана на этом принципе, можно разделить на две группы [3, 4]:

1) работающие в естественных условиях: могут представлять собой водоемы (биопруды), либо «сухопутные» сооружения (поле орошения и поле фильтрации), в которых происходит почвенная доочистка стоков. Такие станции обладают низкой эффективностью, требуют больших площадей и сильно зависят от климатических факторов.

2) работающие в искусственных условиях: создавая искусственным путем более комфортные для микроорганизмов условия, результативность очистки удастся значительно увеличить.

- Физико-химические методы очистки [2-4]:

1) коагуляция: в стоки добавляют особые реагенты – так называемые коагулянты и флокулянты. Их действие сопровождается различными эффектами: растворимые загрязнители могут превратиться в нерастворимые хлопья, удаляемые путем процеживания; опасные компоненты распадаются на безопасные; реакция сточных масс меняется, например, с кислотной на нейтральную.

2) ионообменный метод: чаще всего применяется с целью умягчения воды. Суть метода состоит в замене «нежелательных» ионов (в случае умягчения – магния и кальция) «безобидными», например, натрия.

- Флотация: метод очистки сточных вод направлен на выделение нефтепродуктов. В сточные массы подается воздух, образующий множество пузырьков. Частицы нефтепродуктов имеют свойство прилипать к таким пузырькам, вследствие чего они оказываются на поверхности в виде пены. Ее можно удалить посредством специальных скребков либо путем поднятия уровня воды – при этом пена сама стечет в приемный лоток [4].

Механические и физические методы

Механическим способом избавляются от нерастворимых включений. В большинстве случаев эта стадия является предварительной и используется в сочетании с другими видами очистки. Данная методика включает три этапа [3].

1) Отстаивание

2) Процеживание

3) Фильтрование

Таким образом, в мировой практике применяются различные методы очистки сточных вод, причем универсальных, которые бы подошли ко всем отраслям промышленности и сферам жизнедеятельности не существует. На практике, в большинстве случаев необходимо задействовать несколько методов. В перспективе, с появлением новых материалов будут совершенствоваться и методы очистки. Поскольку новейшие технологии в том числе внедряются в сферу охраны окружающей среды и сохранение природных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матус Л.И., Нефедьева Е. Э. Конспект лекций по дисциплине «Методы очистки сточных вод». Часть 1: учеб. пособие // ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – 88с.

2. Анализ современных способов очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/1423511/tovarovedenie/teoreticheskaya_chast. – Дата доступа: 06.12.2021.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Волынец Д.Ю., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Технологические процессы, связанные с нефтедобычей, переработкой, транспортировкой являются одной из основных антропогенных причин масштабного загрязнения водных поверхностей. Нефть и ее продукты в водах поверхностного стока могут находиться в двух состояниях: эмульсионное и состояние стратифицированной жидкости [1].

В структуре продуктов загрязнения водных ресурсов нефть и ее производные занимают «почетные» лидирующие позиции. Образуя на поверхности водоемов пленку, органические углеводородные соединения препятствуют нормальному газообмену.

Снижение содержания кислорода в воде способствует деградации и гибели природных источников. Гниение осадков, загрязненных органическими отходами, продуцирует появление токсичных соединений, делающих воду непригодной даже для технических нужд.

Выход из сложившейся ситуации – повышение качества очистки стоков от вредных нефтесодержащих продуктов. Очистка воды от нефтепродуктов может состоять из физико-химических, химических, механических и биологических способов. Использование каждого метода зависит от масштабов и первоисточника загрязнения, объема нефтяных выбросов.

Механическая очистка [2]:

Механическая очистка состоит из отстаивания и последующей фильтрации загрязненной воды с использованием нефтеловушек, бензомаслоуловителей или ручным методом. Все они основаны на способности нефти не смешиваться с водой, а создавать масляное пятно. Ее собирают в полиэтиленовые пакеты с последующей утилизацией – сжиганием.

Основным недостатком метода является забор воды вместе с тонкой нефтяной пленкой. Хорошо собрать нефтепродукты возможно только при толстом слое, что случается только при больших техногенных катастрофах. При использовании этого метода в среднем удается отделить до 65% твердых частиц нефтепродуктов.

Химическая очистка [2, 3]:

Химическая очистка подразумевает обязательное использование химических примесей, реагирующих с нефтепродуктами. В ходе химических реакций образуется нерастворимый в воде осадок, легко удаляемый механической фильтрацией. Эффективность удаления растворимых примесей – 25%, нерастворимых – 95%. Химическая очистка основана на одном из двух методов:

1. провоцирование образования масляного пятна, используя эмульгаторы эмульсий из воды и нефти или поверхностно-активных веществ (ПАВ);

2. поглощение нефтепродуктов адсорбентами: оксид алюминия, алюмосиликаты.

Второй способ используется во время локального разлива нефти и имеет эффективность – 98%.

– Физико-химическая очистка [2-4]:

Физико-химическая очистка включает коагуляцию, адсорбцию, окисление, экстракцию и другие методы очистки. Происходит удаление тонкодисперсных растворенных примесей, а также распад органики.

Для адсорбции часто берут измельченный активированный уголь мелкой фракции. Его наносят равномерным слоем на пятно, что препятствует его увеличению. Смешавшаяся с водой нефть прилипает к частичкам угля и легко удаляется. Смесь угля и нефти хорошо горит, что облегчает дальнейшую утилизацию.

В борьбе с нефтяными пятнами эффективен ферритмагнитный порошок ФЕР-3 из оксида железа. Пленка приобретает магнитные свойства и собирается специальной ловушкой. Способ обладает техническими и экологическими преимуществами, но не распространен из-за отсутствия широкого распространения специальных порошков.

Были проведены лабораторные исследования с порошком ФЕР-3. Время сортирования составила 5-15 минут. Удаляется до 80% нефтяной пленки. Образованные большие глобулы собираются механически. Благодаря текучести суспензии ее восстанавливают сепарацией.

Биологическая очистка [4]:

Биологическая очистка является наиболее распространенной в удалении нефтепродуктов из воды. Используются особые микроорганизмы, которые поедают нефть. Результатом применения биологических методов очистки окисление нефтепродуктовых примесей превращает их в совершенно безопасные продукты: углекислый газ, обычную воду, нитратные и сульфатные соли и прочие безвредные соединения. Применение биологических способов очистки стоков от примесей нефти и ее производных подразумевает применение специальных аэротенков и биологических фильтров.

Сжигание нефти [4, 5]:

Как и использование диспергаторов, сжигание нефти в месте разлива вызывает вторичное загрязнение и наносит ущерб экологии пораженного района, поэтому применяться такой метод может только при наличии условий, делающих его использование оправданным. Проблемой сжигания нефти является то, что горение пятна прекращается, когда сгорают легкие фракции – при этом тяжелые компоненты нефти оказываются не тронутыми. Для повышения эффективности сжигания необходимо утолщить слой нефти на поверхности воды, чтобы продлить время горения.

Перечисленные способы – наиболее распространенные на сегодняшний день. Специалистами постоянно ищутся альтернативы, которые позволили бы увеличить скорость и эффективность сбора нефти с воды и снизить вред для

экологии. Ученые разрабатывают и другие способы, которые бы позволили быстро и безопасно удалить разлив нефти с поверхности воды и не допустить причинения вреда экологии. В заключении нужно отметить, что эффективность процесса очистки стоков от нефтепродуктов во многом зависит от комплексности и системности применяемых методов, взаимно дополняющих друг друга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Нефтяные сорбенты. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 268 с.
2. Очистка воды от нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vse-o-vode.ru/zagryaznenie/ochistka-vody-ot-nefteproduktov/>. – Дата доступа: 03.12.2021;
3. Гречкин, Н.В. Сравнительный анализ способов очистки водоемов от нефтяных пятен / Н.В. Гречкин, Н.А. Власовец // Юный ученый. – 2018. – №1.1. – С. 5-9.
4. Минаков, В.В. Новые технологии очистки от нефтяных загрязнений / В.В. Минаков, С.М. Кривенко, Т.О. Никитина // Экология и промышленность России. – 2012. – № 5. – С. 7-9.
5. Очистка воды от нефтепродуктов. Способы очищения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftok.ru/raznoe/ochistka-stochnyh-vod-ot-nefteproduktov>. - Дата доступа: 03.12.2021.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Грачев А.В.

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

Одной из глобальных проблем человечества XXI века являются лесные пожары. Лесной пожар – пожар, распространяющийся по лесной площади. Леса покрывают почти 1/3 суши всей поверхности Земли – это примерно 4,06 млрд. га. Они играют колоссальную роль в регуляции климата всей планеты и являются домом многих растений и животных, в том числе редких. Порядка 54 % всех лесов приходится на несколько стран: Российская Федерация (20 %), Бразилия (12 %), Канада (9 %), США (8 %), Китай (5 %).

Опасность лесных пожаров заключается в том, что они пагубно влияют на растительный и животный мир, а также приводят к уничтожению инфраструктуры и жилых построек. В 2021 году среди лидеров по потерям леса в результате пожаров оказались Россия (8,67 млн. га), Бразилия (2,95 млн. га), Канада (2,1 млн. га), США (2.0 млн. га). Следом за этими странами идут

Демократическая республика Конго (1,3 млн. га), Индонезия (1,2 млн. га), Китай (570 тыс. га), Малайзия (438 тыс. га), Мадагаскар (366 тыс. га) и Колумбия (353 тыс. га). При этом с каждым годом эта картина изменяется и количество лесных пожаров увеличивается.

Тактика в области тушения лесных пожаров стремительно развивается, изменяется и становится все более эффективной. Под пожарной тактикой в общем понимается определение наиболее целесообразных методов, способов, приемов и схем тушения пожаров.

Тушение лесных пожаров включает все виды работ, направленные на их ликвидацию в кратчайшее после их возникновения время. Тушение каждого лесного пожара можно рассматривать как последовательное выполнение операций, соответствующих стадиям развития пожара.

Тушение лесного пожара разделяется на следующие операции:

- остановка распространения кромки пожара;
- локализации пожара;
- дотушивание очагов горения;
- окарауливание пожара;
- ликвидация пожара.

Остановка распространения кромки пожара является первостепенной задачей и осуществляется непосредственным воздействием сил и средств ликвидации на горящую кромку. Это дает возможность выиграть время и затем сосредоточить силы и средства на более трудоемких работах по локализации пожара – прокладке заградительных полос и канав с целью исключения возможности его развития.

Локализация пожара является наиболее сложной и ответственной стадией по предотвращению возможности дальнейшего распространения горения и созданию условий для его успешной ликвидации имеющимися силами и средствами. Локализованным следует считать только тот пожар, вокруг которого проложены заградительные минерализованные полосы или канавы, надежно преграждающие пути дальнейшего распространения горения, либо, когда у руководителя тушения имеется полная уверенность, что применявшиеся другие способы локализации пожаров также надежно исключают возможность их возобновления.

Дотушивание пожара заключается в ликвидации очагов горения, оставшихся на пройденной пожаром площади после его локализации. Небольшие пожары дотушивают по всей его площади. При этом горящие и тлеющие гнилые пни разрушают, лесную подстилку и муравейники разгребают, горящие валежник, мхи, дерн переворачивают и заливают водой. По обе стороны кромки пожара убирают все сухостойные деревья, которые могут упасть, создав условия для перехода огня через заградительную минерализованную полосу.

После дотушивания очага горения его необходимо тщательно окарауливать, так как остается потенциальная опасность перехода возобновившегося очага горения на отдельных участках через заградительную минерализованную полосу.

Окарауливание заключается в периодических обходах кромки пожара с целью выявления возобновившихся очагов горения и возникновения от них пожара. В зависимости от погодных условий оно может продолжаться до 10 дней, а в засушливые периоды его проводят систематически через 1-2 дня до выпадения обильных атмосферных осадков.

Ликвидация пожара – окончательное прекращение горения, а также исключение возможности его повторного возникновения.

В практике борьбы с природными пожарами выделяют следующие методы (стратегии) тушения лесных пожаров:

- прямого (непосредственного) тушения;
- косвенного (упреждающего) тушение;
- комбинированное тушение.

При прямом непосредственном тушении все действия, включая создание минерализованной полосы, проводят непосредственно по периметру пожара. Минерализованная полоса в основном повторяет все изгибы кромки. Этот способ применяют, когда:

- кромка пожара горит с невысокой интенсивностью и на «легких» типах горючих материалов (например – сухая трава), что позволяет безопасно работать непосредственно на кромке;
- пожар угрожает ценным насаждениям, природным или хозяйственным объектам в лесу;
- необходимо, чтобы выгоревшая площадь была минимальной.

Косвенное (упреждающее) тушение используется, когда линию остановки огня выбирают на некотором расстоянии от кромки пожара. Этот метод используют, когда:

- необходимо уменьшить интенсивность верхового пожара;
- есть опасность перехода пожара в верховой, а также при пожаре на крутых склонах;
- необходимо отвести пожарных от кромки пожара из-за его интенсивности;
- скорость распространения пожара очень велика и есть угроза его распространения на большую площадь;
- при недостатке сил и средств.

В иных случаях это диктуется выбором лучшего места для создания заградительной или опорной полосы, за счет использования естественных и искусственных преград, которые сократят время на создание барьера.

В зависимости от интенсивности горения, направления движения огня, обстановки на участках тушения пожара, наличия технических средств и рабочих, их оснащенности может применяться комбинированный метод тушения лесного пожара, включающий различные тактические и технические способы и приемы прямого и косвенного тушения.

Отдельно следует отметить инновационный способ тушения лесного пожара, который использовался в США на западном побережье. При тушении использовался способ «пятнистого отжига» с применением дронов.

Данный прием пожаротушения предполагает сброс шариков размером в диаметре до 40 мм, с воспламеняющимся веществом. Эти шарики,

получившие название «Яйца дракона», содержат перманганат калия и за несколько секунд до сброса обрабатываются антифризом. В течение минуты происходит окислительная реакция с большим выделением тепла, которая воспламеняет упавшие на землю шарики.

Положительный момент состоит в том, что данные виды работ могут выполняться ночью и в задымленных условиях, а также исключается риск получения ожогов человеком. Один такой дрон способен сбрасывать более 400 зажигательных устройств за несколько минут.

Данные дроны также используются для проведения воздушной разведки лесного пожара и поиска скрытых источников горения, для этого дрон оснащен термографической камерой.

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ

Гудков А.А., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Сегодня большую опасность для окружающей среды несут токсичные вещества, которые образуются в процессе гниения отходов на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО). Гидроизоляция этих сооружений противofильтрационными экранами является основным требованием при их обустройстве.

По конструкции противofильтрационные экраны на полигонах ТБО могут быть [2-4]:

- непогребенные (с одним слоем геомембраны без защитного слоя);
- однослойные (с одним слоем геомембраны и защитным слоем над ней);
- двухслойные (с двумя слоями геомембраны и дренажным слоем между ними);
- комбинированные (с одним слоем геомембраны и дополнительным слоем (противofильтрационным или защитным)).

Непогребенные противofильтрационные экраны без защитного слоя выполняются в местах, где нет опасности для повреждения геомембраны в процессе ее укладки или эксплуатации. Область устройства непогребенных экранов – декоративные пруды, полигоны складирования жидких отходов, навозохранилища, пруды-отстойники. Однослойные экраны включают спланированное основание участка захоронения отходов (естественный геологический барьер), выравнивающий слой из уплотненного песчаного грунта, слой геотекстиля для защиты геомембраны и укрепления откосов, слой дренажного геокомпозиата, геомембрану и песчано-гравийный, дренажнозащитный слой [3].

Если в состав грунтов подстилающего или защитного слоев входят острые частицы, то геомембрану следует дополнительно защищать

прокладками из геотекстиля во избежание ее повреждения. Укладка полотнищ геотекстиля ведется внахлест без сварки.

При необходимости отвода влаги по основанию полигона устраивают дренажный слой из геокомпозита. Двухслойный экран включает в себя спланированное основание участка захоронения отходов (естественный грунт), геосинтетическое покрытие на минеральной основе из армированного волокна (бентомат), геомембрану, слой геотекстиля для защиты геомембраны и дренажный песчано-гравийный слой.

Двухслойные экраны применяются на ответственных сооружениях для исключения попадания в грунтовые воды токсичных веществ [4]. При этом токсичные вещества, профильтровавшиеся через верхний слой геотекстиля в случае наличия в нем дефектов, удаляются через дренажный слой.

Материалом дренажного слоя могут служить гравийная или галечниковая засыпка, песчаная засыпка (песок крупный), система дренажных труб в сочетании с засыпками. Преимущества системы дренажных труб – надежность, быстрота и простота монтажа, уменьшение объемов земляных работ.

Комбинированный экран включает подстилающий слой грунта, геомембрану (основной рабочий слой), дополнительный рабочий слой, защитный слой грунта и дополнительный защитный слой [3].

В качестве дополнительного рабочего слоя могут применяться жирная глина, бентонитовые маты. В качестве дополнительного защитного слоя могут применяться бетонные, железобетонные, асфальтобетонные покрытия.

Противофильтрационные устройства на гидротехнических сооружениях из материалов подразделяются на экраны и диафрагмы, обеспечивающие водонепроницаемость сооружений. Экраны выполняются на поверхности грунтовых сооружений: откосах, дне или части дна сооружения. Экранирование таких объектов включает в себя устройство защитных слоев, укладку геомембраны и подготовку анкерной траншеи для закрепления мембраны. Диафрагмы выполняются в теле грунтовых сооружений (плотин, дамб) или непосредственно в грунте основания в виде завесы [4].

В настоящий момент противофильтрационные экраны наиболее распространенное и широко применяемое, и совершенно экологически безопасное. Противофильтрационный экран обеспечивает надлежащую защиту в сооружениях от проникновения загрязняющих веществ в почву, служит противофильтрационной защитой подземных вод. Противофильтрационный экран будет служить нескольких десятилетий. Геомембраны устойчивы к воздействию целого ряда химических веществ и нефтепродуктов, водонепроницаемы, стойки к повреждениям, прочны при растяжениях. Их использование сокращает сроки строительства при относительно невысоких денежных затратах в самых разнообразных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные методы и технологии в гидротехнике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2015/WAT.pdf>. – Дата доступа: 03.12.2021.

2. Способ создания противofильтрационного геокомпозитного покрытия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/261/2610699.html>. – Дата доступа: 03.12.2021.
3. Комбинированный противofильтрационный экран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/257/2579482.html>. – Дата доступа: 03.12.2021.
4. Противofильтрационный экран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geoplenka.ru/articles/oblasti/ekran/>. – Дата доступа: 03.12.2021.

ОСОБЕННОСТИ СХЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Гудков А.А., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Задачей системы водоснабжения промышленного предприятия является обеспечение его водой для производственных, хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд.

Если при промышленном предприятии имеется рабочий поселок или несколько предприятий, расположенных близко друг к другу, то, как правило, они обслуживаются одной системой хозяйственно-противопожарного водоснабжения.

На промышленных предприятиях возможно применение следующих основных схем производственного водоснабжения [1]:

- 1) прямоточной;
- 2) оборотной с охлаждением воды в градирнях, брызгальных бассейнах, прудах-охладителях;
- 3) с последовательным использованием воды.

При прямоточном водоснабжении насосная станция, расположенная вблизи водозаборного сооружения, подает воду для производственных целей в цеха по сети. Отработанная вода поступает по канализационной сети в тот же водоем без очистки (если она не загрязнена) или при необходимости после очистки ее в очистных сооружениях. Для хозяйственно-противопожарных нужд поселка и цехов предприятия вода подается в самостоятельную сеть специальными насосами. Предварительно вода очищается в очистных сооружениях [2, 3].

При оборотном водоснабжении использованная потребителем вода не сбрасывается в водоем, как при прямоточном водоснабжении, а вновь подается потребителям после обработки. Для пополнения потерь воды в оборотный цикл добавляют свежую воду из источника. Оборотное водоснабжение экономически выгодно, когда промышленное предприятие расположено на значительном расстоянии от источника водоснабжения или на значительном возвышении по отношению к нему [3].

При последовательном водоснабжении вода, использованная одним потребителем, может быть использована во втором, а иногда и в третьем технологическом цикле промышленного предприятия. Вода, прошедшая несколько циклов, сбрасывается затем в канализационную сеть для обработки в очистных сооружениях [3-5].

Последовательное водоснабжение занимает промежуточное положение между прямоточным и обратным. Так, количество воды, забираемой из источника, при последовательном водоснабжении меньше, чем при прямоточном, но больше, чем при обратном.

На одном и том же предприятии могут быть различные системы, обслуживающие разные цеха. Система производственного водопровода в целом для всего предприятия в большинстве случаев бывает смешанной.

Противопожарный водопровод объединяется, как правило, с хозяйственно-питьевым, так как хозяйственно-питьевой водопровод охватывает всех потребителей, наиболее разветвлен, имеет наибольшую протяженность и к нему предъявляются менее жесткие требования по поддержанию постоянного напора, чем в производственной сети.

На промышленных объектах водопроводы противопожарного назначения могут устраиваться как низкого, так и высокого давления. Противопожарные водопроводы низкого давления можно устраивать только при наличии непосредственно на объекте или в радиусе 3 км от него пожарного депо, дежурные подразделения которого могут подать с учетом наличной пожарной техники огнетушащие средства с необходимым для целей тушения пожара расходом [4,5].

В тех случаях, когда пожарное депо удалено от объекта на расстояние более 3 км или производительность средств тушения пожара недостаточна, необходимо предусматривать противопожарные водопроводы высокого давления. Однако и в тех случаях, когда пожарное депо располагается ближе 3 км, как правило, по причине повышенной пожарной опасности объекта рекомендуется устраивать противопожарные водопроводы высокого давления.

Часто противопожарные водопроводы высокого давления устраиваются самостоятельными. Особенно целесообразно устройство отдельных противопожарных водопроводов при наличии поблизости поверхностного водоисточника, так как для целей пожаротушения можно использовать воду без очистки [5].

Для нужд пожаротушения могут быть использованы также пруды-охладители, брызгальные бассейны и градирни, вода в которых не замерзает даже при низкой температуре. В этом случае необходимо предусматривать подъезды для забора воды передвижными насосами, однако следует помнить, что при заборе подогретой воды центробежными насосами уменьшается высота всасывания, а при температуре 60 °С и выше забор воды практически становится невозможным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

- https://studref.com/689535/bzhd/osobennosti_shem_protivopozharnogo_vodosnab_zheniya_promyshlennyh_predpriyatij. – Дата доступа: 03.12.2021;
2. Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/689535/bzhd/osobennosti_shem_protivopozharnogo_vodosnab_zheniya_promyshlennyh_predpriyatij. – Дата доступа: 03.12.2021;
 3. Особенности схем противопожарного водоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/12/4613.html>. – Дата доступа: 03.12.2021;
 4. Промышленное водоснабжение предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otopimdom.ru/promishlennoe-vodosnabzhenie-predpriyatij/>. – Дата доступа: 03.12.2021;
 5. Противопожарное водоснабжение промышленных предприятий. Кузнецова В.А. 1975 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://books.totalarch.com/fire-fighting-water-supply-of-industrial-enterprises>. – Дата доступа: 03.12.2021.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Довгалоук Е.Г., Петрок В.А.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В процессе жизнедеятельности человек систематически подвергается воздействию различных опасностей, под которыми обычно понимают явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб его здоровью непосредственно или косвенно, вызывать нежелательные последствия [3].

Ни одно производство не обходится без использования систем повышенного давления (трубопроводов, баллонов и емкостей для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, газгольдеров).

Любые системы повышенного давления представляют потенциальную опасность. Основной характеристикой этого оборудования является превышение давления газа или жидкости в нем атмосферного давления. Это оборудования называют сосудами, работающими под давлением.

Основное требование к таким сосудам – обеспечение их герметичности на протяжении всего периода эксплуатации.

Любые сосуды, работающие под давлением, представляют потенциальную опасность, которая при определенных условиях может повлечь тяжелые последствия [2].

Сосуд – это герметически закрытая емкость, предназначенная для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортирования газообразных, жидких и других веществ. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера.

Разгерметизация (потеря герметичности) сосудов, работающих под давлением, довольно часто сопровождается возникновением двух групп опасностей.

Герметичность – это непроницаемость жидкостями и газами стенок и соединений, ограничивающих внутренние объемы сосудов, работающих под давлением [1].

Первая группа связана со взрывом сосуда или установки, работающей под давлением.

Взрывом – называют быстро протекающий процесс физических и химических превращений веществ, сопровождающийся освобождением большого количества энергии в ограниченном объеме, в результате которого в окружающем пространстве образуется и распространяется ударная волна, способна создать угрозу жизни и здоровью людей. При взрыве может произойти разрушение здания, в котором расположены сосуды, работающие под давлением, или частей этого и соседних зданий, а также травмирование персонала разлетающимися осколками оборудования [1].

Вторая группа опасностей зависит от свойств веществ, находящихся в оборудовании, работающем под давлением. Есть вероятность что, обслуживающий персонал может получить термические ожоги, если в разгерметизировавшейся установке, сосуде или баллоне находились вещества с высокой или низкой температурой. Если в сосуде находились агрессивные вещества, то обслуживающий персонал могут получить химические ожоги; кроме того, при этом возникает опасность отравления персонала.

Баллоны – сосуд, имеющий одну или две горловины для установки вентилей, фланцев или штуцеров, предназначенный для транспортирования, хранения и использования сжатых, сжиженных или растворенных под давлением газов. Различают баллоны малой (0,4 – 12 л), средней (20 – 50 л) и большой (80 – 50 л) емкости.

Чтобы не допустить проникновения в использованный баллон посторонних газов, иногда для уточнения, какой газ находится в баллоне перед его новой заправкой, а также для проверки герметичности баллона, на завод-наполнитель принимают баллоны с остаточным давлением не менее 0,05 МПа.

На верхней сферической части каждого стального баллона должны быть выбиты данные: товарный знак изготовителя; номер баллона; масса порожнего баллона (МП), кг; дата (месяц, год) изготовления и год следующего освидетельствования; рабочее давление (Р), Мпа (бар); испытательное давление (И), Мпа (бар); объем баллонов (V), л; клеймо ОТК изготовителя круглой формы диаметром 10 мм (за исключением стандартных баллонов вместимостью свыше 55 л); номер стандарта для баллонов вместимостью свыше 55 л.

В зависимости от содержащихся газов баллоны окрашивают в соответствующий сигнальный цвет, на их поверхность наносят надпись, указывающую вид газа, а иногда и отличительные полосы (таблица) в соответствии ТНПА.

Таблица. Цвет окраски баллонов.

Газ	Цвет окраски баллона	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черный	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтый	Аммиак	Черный	-
Аргон технический	Черный	Аргон технический	Синий	Синий
Ацетилен	Белый	Ацетилен	Красный	-
Бутан	Красный	Бутан	Белый	-
Водород	Темно-зеленый	Водород	Красный	-
Воздух	Черный	Сжатый воздух	Белый	-
Кислород	Голубой	Кислород	Черный	-
Углекислота	Черный	Углекислота	Желтый	-
Хлор	Защитный	-	-	Зеленый
Другие горючие газы	Красный	Наименование газа	Белый	-
Другие негорючие газы	Черный	Наименование газа	Желтый	-

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда в зависимости от назначения должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- приборами для измерения давления;
- приборами для измерения температуры;
- предохранительными устройствами;
- указателями уровня жидкости.

Каждый сосуд и его самостоятельные полости с разными давлениями должны быть снабжены манометрами прямого действия [1].

Сосуды, работающие при изменяющейся температуре стенок, должны быть снабжены приборами для контроля скорости и равномерности прогрева по длине и высоте сосуда и реперами для контроля тепловых перемещений.

Таким образом, что, каждый сосуд должен быть снабжен предохранительными устройствами от повышения давления выше допустимого значения. В качестве предохранительных устройств применяются:

- пружинные предохранительные клапаны;
- рычажно-грузовые предохранительные клапаны;
- импульсные предохранительные устройства, состоящие из главного предохранительного клапана и управляющего импульсного клапана прямого действия;
- предохранительные устройства с разрушающимися мембранами (предохранительные мембраны);
- другие устройства, применение которых согласовано с Госпромнадзором Беларуси [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление МЧС Республики Беларусь от 27.12.2005 №56 «Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
2. Гринин А.С., Новиков В.Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие /А.С.Гринин, В.Н.Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 288 с.: ил.
3. Гринин А.С., Новиков В.Н. Экологическая безопасность. Защита территорий и населения при ЧС. Уче.пособие. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002.

СКОЛЬЗЯЩИЕ СРЕДНИЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА АВАРИЙ НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ В МИРЕ

Кайбичев И.А.

Уральский институт ГПС МЧС России

Ежегодная выработка электроэнергии в мире на атомных электростанциях составляет 15,54 %. Программа ЕЭС уменьшения углеродных выбросов может увеличить долю атомной энергетики. При этом актуальной задачей становится обеспечение безопасности атомных электростанций [1]. Наиболее трудные ситуации квалифицируют как аварии. Ситуацию с количеством аварий на атомных электростанциях можно рассматривать на основе хорошо известных и апробированных методов оценки колебания цен на акции на фондовом рынке. Достаточно хорошо зарекомендовал себя метод технического анализа, состоящий в построении скользящей средней.

Индикатор SMA – Simple moving average («простое скользящее среднее») был создан в 60-годы прошлого века [2-4]. Он отображает среднее арифметическое значение цен на графике

$$SMA(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

где, $SMA(n)$ – значение индикатора, n – период, X_i – значение цены при $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Для торговли на коротких сроках используют SMA(5), SMA(10), SMA(15), SMA(20).

Применим индикатор SMA(5) для анализа эмпирического материала [5-11] по авариям на атомных электростанциях (Рис. 1).

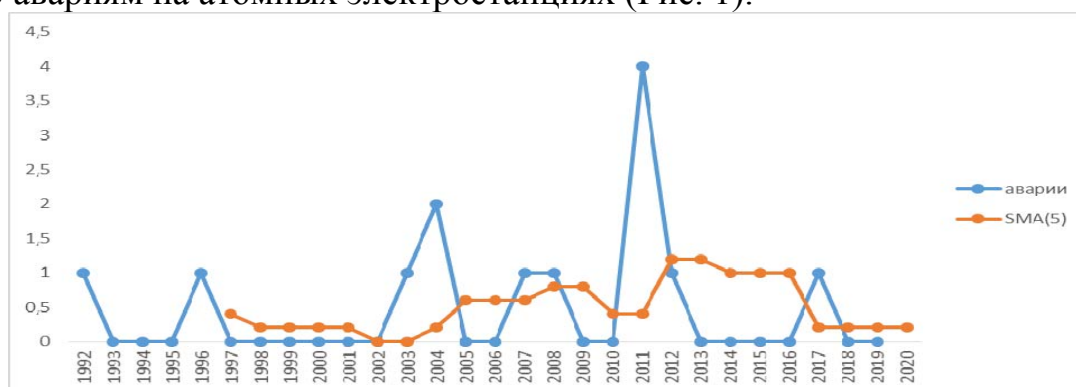


Рис. 1. Результат применения индикатора SMA(5)

В нашем случае график количества аварий расположен выше линии SMA(5) в 2003, 2004, 2007, 2008, 2011, 2017 годах.

Следовательно, количество аварий в эти годы было больше среднего. График количества аварий расположен ниже линии SMA(5) в 1997, 1998, 1999, 2000, 2005, 2006, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 годах. Количество аварий в эти годы было меньше среднего.

Индикатор SMA(10) дает результаты (Рис. 2): график количества аварий расположен выше линии SMA(10) в 2003, 2004, 2007, 2008, 2011, 2012, 2017 годах. Для 2002, 2005, 2006, 2009, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 годов график количества аварий расположен ниже линии SMA(10).

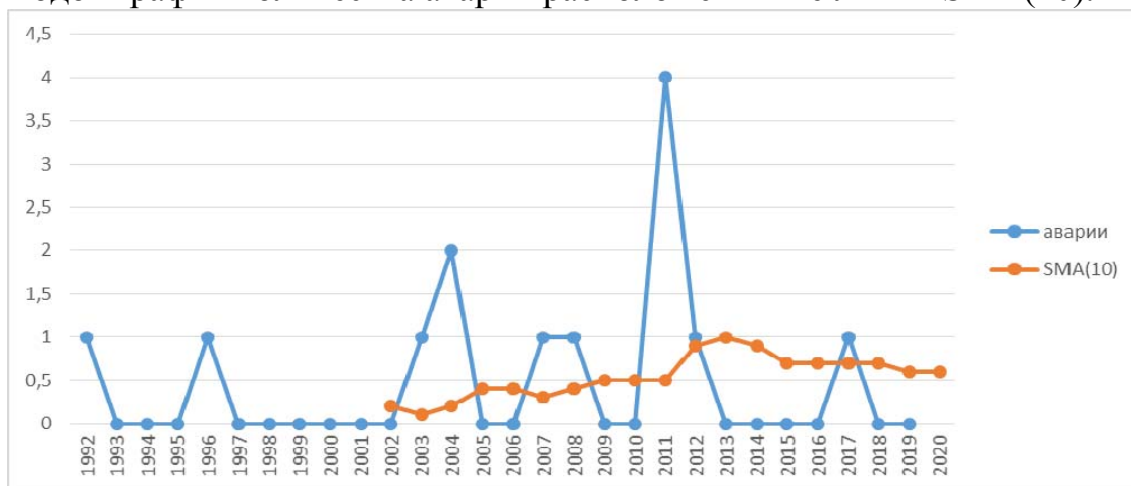


Рис. 2. Результат применения индикатора SMA(10)

Индикатор SMA(15) дает результаты (рис. 3): график количества аварий расположен выше линии SMA(15) в 2007, 2008, 2011, 2012, 2017 годах. Для 2009, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 годов график количества аварий расположен ниже линии SMA(15).

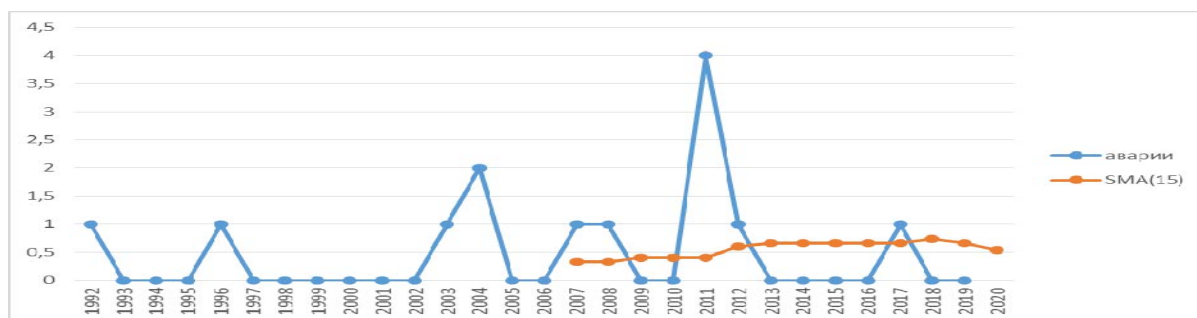


Рис. 3. Результат применения индикатора SMA(15)

Индикатор SMA(20) дает результаты (рис. 4): график количества аварий расположен выше линии SMA(20) в 2012, 2017 годах. Для 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 годов график количества аварий расположен ниже линии SMA(20).

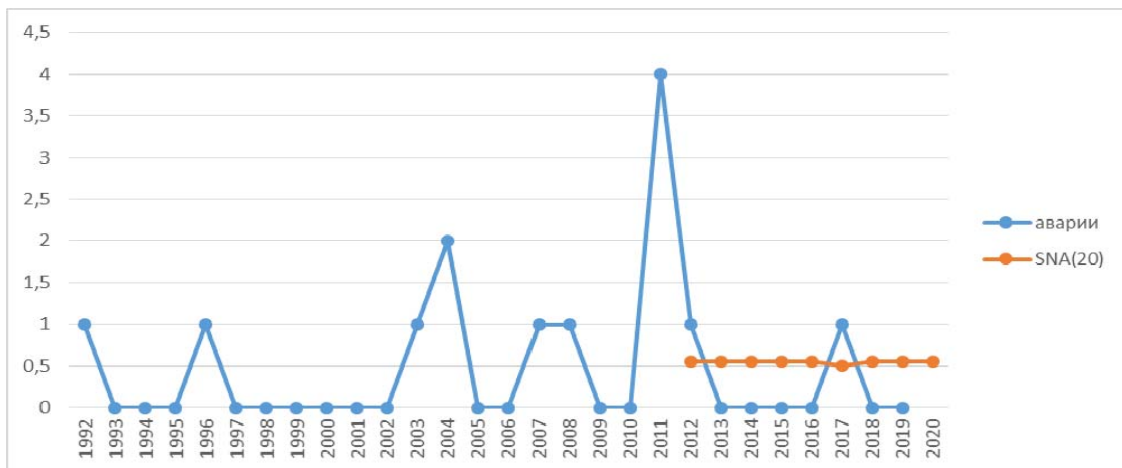


Рис. 4. Результат применения индикатора SMA(15)

Наиболее полезен (Табл. 1) для оценки возможного количества аварий на атомных электростанциях индикатор SNA(5).

Таблица. Сравнение значений SNA(5), SNA(10), SNA(15), SNA(20) с фактическим количеством аварий на атомных электростанциях.

Год	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
SNA(5)	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0,2	0,6
SNA(10)						0,2	0,1	0,2	0,4
Факт	0	0	0	0	0	0	1	2	0

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
SNA(5)	0,6	0,6	0,8	0,8	0,4	0,4	1,2	1,2	1,0
SNA(10)	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,9	1,0	0,9
SNA(15)		0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	0,7
SNA(20)							0,6	0,6	0,6
Факт	0	1	1	0	0	4	1	0	0

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020
SNA(5)	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2
SNA(10)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
SNA(15)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5
SNA(20)	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
Факт	0	0	1	0	0	

Получено 24 оценки, для сравнения с фактическими значениями доступны 23. В 8 случаях оценки заметно отличаются от фактического результата (это 2003, 2004, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 года).

В целом, можно считать оценку количества аварий на атомных электростанциях с помощью SNA(5) полезной в 65,22 % случаев.

К недостаткам предложенного метода можно отнести:

а) не может предсказывать резкий рост числа аварий (ситуация 2004, 2011 годов),

б) длительные серии 0 приводят к прогнозному значению 0 (ситуация 2003 года).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахметьев, А.М. Основы безопасности ядерных энергетических установок / А.М. Бахметьев. – Учебное пособие; под. ред. С.М. Дмитриева. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2006. – 174 с.
2. Элдер, А. Как играть и выигрывать на бирже. Психология. Технический анализ. Контроль над капиталом / А. Элдер. – М.: Альпина Паблишер 2011. – 580 с.
3. Швагер, Дж. Технический анализ. Полный курс / Дж. Швагер. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 768 с.
4. Ливермор, Дж. Торговля акциями. Классическая формула тайминга, управления капиталом и эмоциями / Дж. Ливермор. – М.: Питер, 2010. – 137 с.
5. Аварийные ситуации на АЭС в США, России и в странах западной Европы за период 1972–1982 годы / С.А. Титов [и др.]: сб. статей по материалам XVI Междунар. науч.-практ. конф., 2020. – с. 256–258.
6. Соловьев, С.П. Аварии и инциденты на атомных электростанциях: учеб. пособие / С.П. Соловьев. – Обнинск: ИАТЭ, 1992. – 198 с.
7. Калинин, Б.А. Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики: учеб. пособие / Б.А. Калинин, В.И. Польский, В.Л. Якушин, И.И. Чернов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 184 с.
8. МАГАТЭ. Авария на АЭС «Фукусима-Дайити»: доклад Генерального директора. Австрия, Вена, 2015. – с. 14-127.
9. Алексахин, Р.М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.]; под общ. ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. – М.: ИздАТ, 2001. – 752 с.
10. Пристер, Б.С. Проблемы безопасности атомной энергетики. Уроки Чернобыля: монография / Б.С. Пристер [и др.]. – Чернобыль: Институт проблем безопасности атомных электростанций, 2016. – 198 с.
11. Титов, С.А. Аварийные ситуации, произошедшие на атомных электростанциях в период с 1992 по 2019 год / С.А. Титов, Н.М. Барбин, А.М. Кобелев // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты), 2021, № 3 (39). – с. 7-13.

ЛИНИИ ПОДДЕРЖКИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОГО КОЛИЧЕСТВА АВАРИЙ НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ В МИРЕ

Кайбичев И.А.

Уральский институт ГПС МЧС России

Ежегодная выработка электроэнергии в мире на атомных электростанциях составляет 15,54 %. Программа ЕЭС уменьшения углеродных выбросов может увеличить долю атомной энергетики. При этом актуальной задачей становится обеспечение безопасности атомных электростанций [1].

Наиболее трудные ситуации квалифицируют как аварии. Ситуацию с количеством аварий на атомных электростанциях можно рассматривать на основе хорошо известных и апробированных методов оценки колебания цен на акции на фондовом рынке.

Одним из наиболее простых и доступных методов является построение линий поддержки и сопротивления [2-4]. Это наиболее популярный графический метод анализа биржевых инструментов. Линии поддержки и сопротивления визуально задают границы наиболее вероятного дальнейшего движения цен, позволяют прогнозировать рост и падение котировок. Вероятность, что цена биржевого инструмента упадет ниже уровня линии поддержки невелика. Аналогично, наиболее вероятно, что цена не превысит уровня линии сопротивления.

В нашем случае доступен для анализа эмпирический материал [5-11] с объемом 28 лет (рис. 1).

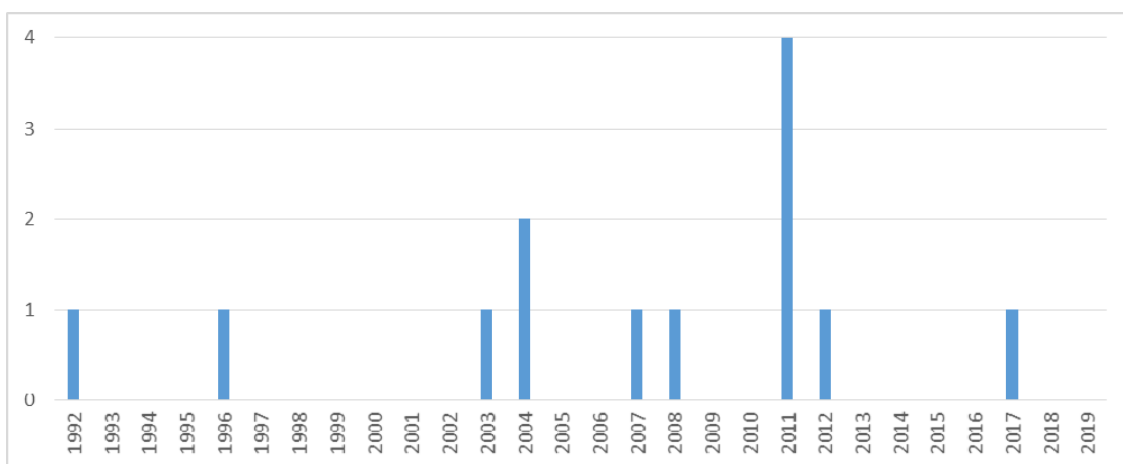


Рис. 1. Количество аварий в мире на атомных электростанциях в период 1992 -2019 годов

Рассмотрим оценку ситуации на 2020 год. Линия поддержки строится на основе двух последних минимумов, которые наблюдались в 2019 и 2018 годах (Рис. 2). Линия сопротивления – на основе двух последних максимумов, которые наблюдались в 2017 и 2012 годах.

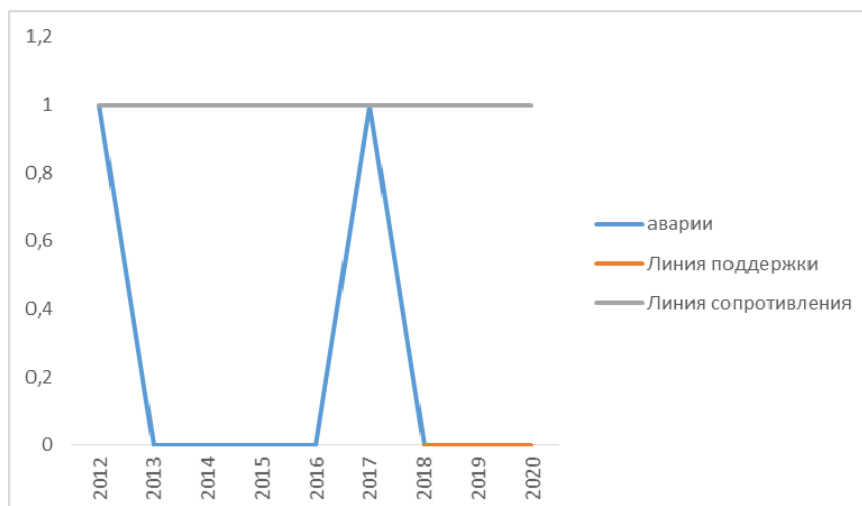


Рис. 2. Линии поддержки и сопротивления.

Продление линий поддержки и сопротивления в область 2020 года позволяет сделать оценку диапазона от 0 до 1 для возможного количества аварий на атомных электростанциях в мире в 2020 году.

Повторение описанной процедуры позволило получить оценку диапазона возможных значений для количества аварий на атомных станциях (таблица). Всего нами получены 24 оценки. Из них 23 можно сравнить с фактическим числом аварий. В результате установлено, что 4 фактических значения вышли за пределы предсказанного диапазона (ситуации 2017, 2011, 2008, 2004 годов).

Таблица. Сравнение диапазона возможного количества аварий на атомных электростанциях с фактическими значениями

Год	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Диапазон	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[-14;0]	[-11;0]	[-8;0]	[-5;0]	[-2;0]
Факт		0	0	1	0	0	0	0

Год	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
Диапазон	[0; 5]	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;0,7]	[0;5]	[0;4]	[0;3]
Факт	1	4	0	0	1	1	0	0

Год	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997
Диапазон	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;1]
Факт	2	1	0	0	0	0	0	0

В итоге можно сделать вывод, что использование оценки с помощью линий поддержки и сопротивления оказалось полезным в 82,61 % случаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахметьев, А.М. Основы безопасности ядерных энергетических установок / А.М. Бахметьев. – Учебное пособие; под. ред. С.М. Дмитриева. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2006. – 174 с.
2. Элдер, А. Как играть и выигрывать на бирже. Психология. Технический анализ. Контроль над капиталом / А. Элдер. – М.: Альпина Паблишер 2011. – 580 с.
3. Швагер, Дж. Технический анализ. Полный курс / Дж. Швагер. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 768 с.
4. Ливермор, Дж. Торговля акциями. Классическая формула тайминга, управления капиталом и эмоциями / Дж. Ливермор. – М.: Питер, 2010. – 137 с.
5. Аварийные ситуации на АЭС в США, России и в странах западной Европы за период 1972–1982 годы / С.А. Титов [и др.]: сб. статей по материалам XVI Междунар. науч.–практ. конф. 2020. – с. 256–258.
6. Соловьев, С.П. Аварии и инциденты на атомных электростанциях: учеб. пособие / С.П. Соловьев. – Обнинск: ИАТЭ, 1992. – 198 с.
7. Калинин, Б.А. Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики: учеб. пособие / Б.А. Калинин, В.И. Польский, В.Л. Якушин, И.И. Чернов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 184 с.

8. МАГАТЭ. Авария на АЭС «Фукусима-Дайити»: доклад Генерального директора. Австрия, Вена, 2015. – с. 14–127.
9. Алексахин, Р.М. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.]; под общ. ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. – М.: ИздАТ, 2001. – 752 с.
10. Пристер, Б.С. Проблемы безопасности атомной энергетики. Уроки Чернобыля: монография / Б.С. Пристер [и др.]. – Чернобыль: Институт проблем безопасности атомных электростанций, 2016. – 198 с.
11. Титов, С.А. Аварийные ситуации, произошедшие на атомных электростанциях в период с 1992 по 2019 год / С.А. Титов, Н.М. Барбин, А.М. Кобелев // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты), 2021, № 3 (39). – с. 7-13.

ТАКТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Куликов С.В.

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

Торгово-развлекательный комплекс – это крайне популярный у городского населения центр сосредоточения развлечений и торговли, который может размещаться на нескольких тысячах квадратных метров, имеет многочисленные помещения, пути движения посетителей, лифты, парковки, системы вентиляции, технические помещения, то есть, как правило, это сложная система помещений, в которой человек не всегда может разобраться. Еще сложнее приходится во время эвакуации здания торгово-развлекательного комплекса во время возникновения ЧС, в частности пожара.

Пожар в торгово-развлекательном центре всегда сопровождается максимально высокой пожарной нагрузкой и большой опасностью из-за высокой скорости распространения огня. Многоэтажные здания ТРЦ, как правило, построены из легковоспламеняющихся конструкций – пластика, дерева, в качестве утепления используются горючие материалы, стекловата и др. Пожарная нагрузка находится в пределах 50-90 кг/м².

Тушение пожаров в зданиях торгово-развлекательных комплексах подразумевает привлечение сил и средств по повышенному номеру пожара. Это обусловлено одновременного нахождения большого количества людей на объекте, высокой горючей нагрузкой, способствующей быстрому распространению пожара.

Особенности тушения пожаров в торгово-развлекательных комплексах необходимо разбирать с личным составом подразделений пожарной охраны, так как это объекты с массовым пребыванием людей различных возрастных

категорий, что стоит учитывать при проведении оперативно-тактических действий.

Тактические действия пожарных подразделений, прибывающих на место пожара в торгово-развлекательный центр состоят из нескольких этапов:

- установление связи между администрацией ТРЦ и руководителем тушения пожара (РТП);

- незамедлительное развертывание боевых единиц техники и подготовка пожарных бригад к выполнению задач по тушению пожара и спасению людей с одновременным выяснением информации о конструкции здания, примерном количестве находящихся в здании людей, скорости распространения огня и возможных путях выхода посетителей ТРЦ;

- разведка состояния систем автоматического пожаротушения, противопожарного занавеса и люков для удаления продуктов горения;

- непосредственно работа по тушению пожара.

Большое значение для пожарных подразделений имеет обеспечение специалистов средствами защиты. При развившемся пожаре работы производить в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (далее – СИЗОД). Для действий по работе в непригодной для дыхания среде (далее – НДС), создаются звенья ГДЗС.

Для наиболее эффективной работы по ликвидации пожара и эвакуации людей, при необходимой достаточности сил и средств, по решению РТП могут быть созданы участки тушения пожара, каждый из которых будет выполнять поставленную перед ним задачу. При тушении пожара необходимо руководствоваться планом тушения пожара. Прежде чем принимать меры по тушению, необходимо привести в действие систему автоматического пожаротушения. При пожаре подают стволы и лафетные стволы с уличной стороны. Основное огнетушащее вещество при тушении торгово-развлекательных комплексов – вода, если возгорание возникло в подвальном помещении – пена.

Легковоспламеняющиеся материалы горят быстро, скорость распространения пожара в ТРЦ высока, поэтому решающее значение при тушении такого пожара имеет время. Для примера, скорость пожара в ТРЦ «Зимняя вишня» в г. Кемерово в марте 2018 года была настолько стремительной, что позволила выгореть целому этажу за считанные минуты. Поэтому, необходимо сразу привлекать максимальное количество пожарных и техники, в первую очередь, для остановки огня.

При осуществлении действий по эвакуации и тушению пожара в первую очередь подается ствол на защиту путей эвакуации. Рукавные линии следует прокладывать через служебные помещения, чтобы не загромождать эвакуационные пути. Тушение производится стволами «РС-70» и «РС-50», параллельно проводят вскрытие горючих конструкций для ограничения распространения огня. В случае возникновения пожара в подсобных помещениях стволы подаются на защиту путей эвакуации. Одновременно с введением стволов эвакуируют людей с помощью обслуживающего персонала в безопасные места.

Особенностью организации и проведения спасательных работ в условиях ТРЦ является то, что люди могут находиться в различных местах или помещениях. В данном случае большое значение имеет открытие всех путей эвакуации, если они были закрыты, пошаговый просмотр личным составом каждого помещения на пути распространения огня.

При тушении пожара необходимо соблюдать правила охраны труда, так как в торгово-развлекательных комплексах присутствует немалое количество каркасных конструкций из металла. Их наличие является определяющим фактором для выбора позиции ствольщиков, при этом необходимо следить за состоянием данных конструкций.

В заключение необходимо отметить, что главной задачей всех подразделений при прибытии на место пожара (ТРЦ) является спасение максимального количества людей и только после – локализация и ликвидация пожара. Поэтому привлечение дополнительного оборудования (лестницы, тросы, вспомогательное оборудование) имеет не меньшее значение, чем количество стволов, поданных на тушение пожара.

Тушение пожара в торгово-развлекательном центре – это очень сложное, порой опасное мероприятие для звеньев пожарной службы, которое требует от личного состава теоретических знаний и практических умений, выносливости и физической подготовки, потому как их работа сопряжена с поиском и эвакуацией людей и работе в сложных условиях (горение полимеров, выделяющих токсичный едкий дым), ненадежностью строительных конструкций и высокой скоростью и силой огня.

DEVELOPMENT OF A NEW STRUCTURE OF FUEL RODS OF RBMK CLASS REACTORS AND TESTING OF TECHNICAL SOLUTION IN ORDER TO INCREASE THE LEVEL OF THEIR PROTECTION FROM FIRES AND EXPLOSIONS

Kuznetsov M.V., Safonov A.V.

All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defense and Emergencies of
Emergency Control Ministry of Russia

The main result of the proposed development is improvement of emergency system of single-circuit nuclear steam generating power plants (RBMK class reactors) in order to increase the safety level of these systems, as well as experimental testing of the obtained technical solutions on electric model fuel elements.

An important place in the development of world energy is occupied by the problem of safe operation of nuclear thermal power plants. The result of proposed development is an improvement of emergency system of nuclear reactors of single-circuit steam generating plants by improving the design of fuel elements (fuel rods). As a result, an increase in the safety level of these energy systems is ensured and it becomes possible to increase the maximum permissible thermal loads per unit mass of nuclear

fuel embedded in the fuel rods. The development took into account the operating conditions of fuel rods in direct-acting thermal steam generating systems without an intermediate coolant. In the nuclear power industry, such power reactors are quite widespread, which, according to the domestic nomenclature, belong to the RBMK class. Modern RBMK-type nuclear reactors use fuel rods with a thermal energy source in the form of tablets with a low content of uranium dioxide (UO_2), which are loaded into a tubular or cylindrical shell made of steel or zirconium alloy uniformly along the entire length (so-called homogeneous assembly). Energy, released inside the fuel rods, is diverted around the fuel rods with the help of an aqueous coolant.

One of the main possible sources of an emergency in a steam-producing nuclear reactor is the occurrence of so-called "boiling crisis", in which the normal operation mode of the fuel element (bubble boiling mode) goes into an emergency high-temperature mode of film boiling, accompanied by destruction of the fuel element with catastrophic consequences. The phenomenon of "boiling crisis" imposes strict restrictions on the maximum permissible specific heat load, which was taken as a basis for the design of this type of nuclear reactors. A significant disadvantage of homogeneous fuel element loading with uniform energy release over the entire length (namely, such a fuel element loading scheme is widely used in existing practice) is instability of the standard thermal mode of their operation (i.e., boiling mode of the liquid coolant) in relation to local disturbances, that randomly occurs in a localized section of the fuel element. Such disturbances can cause in the disturbed zone a spontaneous transition of the normal (regular) thermal mode of operation of the fuel element corresponding to the bubble boiling of working liquid medium into an emergency high-temperature mode of film boiling, which then spreads along the entire length of the fuel element. This phenomenon has been called as an "auto-wave boiling crisis". It leads to the destruction of steam generating plant and is accompanied by major man-made disasters, such as an explosions and fires. Within the framework of the described development, a new design of fuel rods is proposed for steam-producing power plants of the RBMK type, in which the energy source has a periodic structure of loading nuclear fuel alternating with inert inserts (for example, in the form of heat-resistant oxide ceramics or metal elements).

After industrial implementation of the proposed development the following practical results will be achieved:

- reduction of the risk of explosive situations during the operation of nuclear power plants as a result of loss of stability of the steam generation regime at a fuel element, accompanied by its catastrophic overheating and, as a consequence, destruction of the fuel element;
- increasing stability of the steam generation process at a fuel element to local disturbances caused by failures in the reactor control systems or another random factors;
- increasing maximum allowable value of energy removal from the unit of mass of nuclear fuel loaded into fuel rods in order to raise the safety level ("safety margin") of nuclear reactor.

The proposed engineering scheme is based on previously developed ideas regarding the auto-wave mechanism of emergence and development of the "boiling crisis". The basic mathematical model describing dynamics of crisis is similar in

structure to the classical equation of the theory of combustion with one difference. It consists in the fact that the nonlinear term of equation is not a source of thermal energy, but a nonlinear function of heat transfer from the fuel element surface to the working liquid medium. Theoretical study was aimed at finding the optimal structure of periodic fuel loading (the optimal scheme of alternating active and passive zones in the fuel element), which was supposed to ensure increase in the stability level of the regular ("bubble") steam generation mode on the surface of fuel element [1,2].

As a part of experimental verification of the available theoretical assumptions, a study of the proposed nuclear fuel loading scheme was carried out on example of an electric fuel element model. The model fuel element was made in the form of a linear rod or wire electric heater placed in an aqueous working medium. At the same time, the model fuel element consisted of alternating active zones in terms of heat release intensity (fragments of high-resistance wire made of Ni-Cr or Fe-Cr-Al alloys) and passive (low-resistance wire fragments made of Cu or Ag).

The results obtained at preliminary stage of the concept development confirmed the advantages in terms of safety level of the proposed fuel element with periodic placement of a thermal energy source along its length in front of a fuel element with uniform (uniform along the entire length) energy release, namely:

- the maximum permissible thermal power, at which an emergency high-temperature state of film boiling spontaneously occurs, can be increased by 30-40%;
- the power at which a local disturbance can initiate the film mode will increase by more than 50%.

Calculations, carried out on the basis of developed theoretical model, as well as experimental modeling of proposed design will allow us to develop practical recommendations for the creation of structural elements of fuel rods for the nuclear reactors of a new type.

REFERENCES

1. Pumir A. Stability of active systems with a spatially periodic activity: Analysis of a simple model and application to the boiling crisis problem / A. Pumir, V.V. Barelko // *Chaos*. – 2002. – V. 12. – N 3. – P. 610.
2. Barelko V.V. Heat-generating element of steam-producing power plants / V.V. Barelko, A. Pumir, V. Krinsky // Patent of Russia №2221288, Bulletin of Inventions. N1, 10.01.2004 (International Application: PCT/RU03/003-48, 06.04.04).

ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ, СОПРОВОЖДАЕМЫЕ КАСКАДНЫМ РАЗВИТИЕМ ПОЖАРА

Пахота М.Н., Сенчихин Ю.Н.

Национальный университет гражданской защиты Украины

Анализ – данных о крупномасштабных пожарах на промышленных предприятиях показывает, что в большинстве случаев пожар сопровождался эффектом «домино» [1], т.е. характеризовался каскадным развитием (при

каскадном развитии пожара в процесс последовательно вступают объекты, находящиеся на территории предприятия).

Изучение особенностей крупномасштабных пожаров за последний год подтверждает вывод о том, что каскадность является одной из основных особенностей процесса.

Рассмотрим более подробно особенности возникновения аварий, которые сопровождаются пожарами, и их последствий на примере нефтеперерабатывающей промышленности [2].

Крупные аварии и сопровождающие их пожары, и взрывы на нефтеперерабатывающих производствах (НПП) в большинстве случаев происходят из-за утечек горючей жидкости или углеводородного газа, возникающих, в основном, по следующим причинам:

- нарушение правил охраны труда и пожарной безопасности (33 %);
- некачественный монтаж и ремонт оборудования (22%);
- некачественная молниезащита (13%);
- нарушение правил технологического регламента (11 %);
- износ оборудования (8 %);
- недостаточно качественные сальниковые уплотнения и фланцевые соединения (11 %);
- прочие причины (2%).

Источниками воспламенения газоздушных смесей на открытых установках НПП являются:

- нагретая до высокой температуры поверхность технологического оборудования (36,8%);
- открытый огонь печей (22,8%);
- электрические искры неисправного оборудования (8,9%);
- открытый огонь газосварочных работ (8,8%);
- повышение температуры при трении (7,6%);
- самовоспламенение продуктов (7,5%);
- прочие источники (7,6%).

С увеличением производства, транспортировки, хранения и потребления сжиженных углеводородных газов (СУГ) растет число взрывов и пожаров, отличающихся большой длительностью, значительными людскими и материальными потерями. Согласно статистическим данным, прямые материальные потери от таких взрывов и пожаров составляют значительную долю от стоимости объектов (табл. 1.).

Таблица 1. Материальный ущерб от одного пожара (взрыва).

Объекты	Ущерб от пожара (взрыва), % от стоимости одного объекта
Производственные здания	6,1
Складские помещения	30,5
Производственные установки вне зданий	15,1

Крупные аварии на нефтеперерабатывающих производствах сопровождаются, как правило, выделением пожаровзрывоопасных веществ в атмосферу и загазованностью территории открытых технологических установок (ОТУ). Это происходит как при регламентном режиме работы технологического оборудования, так и при аварийной разгерметизации аппаратов и коммуникаций.

Причины возникновения аварий на НПП, связанные с технологическим оборудованием, расположенном на открытых производственных площадках, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Причины аварий на открытых технологических установках НПП.

Причина аварии	Количество аварий, %
Выход продукта через сальники, прокладки и т.д.	30,2
Нарушение режима эксплуатации технологической линии	16,9
Некачественный монтаж оборудования	14,1
Коррозия оборудования	12,1
Прогар труб	8,5
Переполнение промышленной канализации	10,6
Прочие причины	10,6

Вследствие разветвленной сети технологических коммуникаций, большой плотности насыщения территории предприятия ОТУ, высокого энергосодержания этих установок, негативные последствия возможных аварий на открытых промплощадках НПП могут быть более значительными, чем в закрытых производственных зданиях.

Пожаровзрывоопасность отдельных блоков наружных технологических установок определяется характером сырья и готовой продукции, параметрами технологического процесса и особенностями оборудования. Отдельные элементы схем, например, трубчатые печи, являются источниками не только образования взрывоопасных смесей, но и их зажигания. Распределение количества аварий по видам технологического оборудования НПП представлено в таблице 3.

Таблица 3. Распределение количества аварий по видам технологического оборудования НПП.

Оборудование	Количество аварий, %
Технологические трубопроводы	31,2
Насосные станции	18,9
Емкостные аппараты (теплообменники, дегидраторы)	15,0
Печи	11,4
Ректификационные, вакуумные и прочие колонны	11,2
Промышленная канализация	8,5
Резервуарные парки	3,8

Аварийная утечка горючих газов (в том числе сжиженных), легковоспламеняющихся горючих жидкостей, а также их залповый выброс из поврежденной части технологического оборудования являются непосредственными источниками загазованности территории НПП. В общем случае ход подобных аварий можно разделить на несколько стадий (рис. 1.).



Рис. 1 – Примерные стадии развития аварии с выбросом горючих газов

Взрывоопасные облака топливно-воздушной смеси (ТВС), как правило, воспламеняются через некоторое время после их образования, что позволяет оповестить персонал предприятия и население прилегающих районов о необходимости включения устройств защиты (паровые или водяные завесы для рассеяния) и принятия мер по предотвращению возможных взрывов на соседних объектах. Поэтому весьма актуальным является обнаружение загазованности воздушной среды промтерритории НПП на ранних стадиях аварии (рис. 1., стадии I и II).

Экономические потери от крупных аварий на НПП характеризуются местом (объектом) возникновения и характеристикой технологического процесса (в т.ч. пожарной нагрузкой) и определяются прямыми потерями, млн.долл. Однако для нефтеперерабатывающей отрасли убытки от аварий прямыми потерями не ограничиваются. Совокупные (прямые, дополнительные) потери от этих аварий за последнее десятилетие составили около 1,66 млрд. долл. (при серьезных потерях от одной крупной аварии - 58 млн. долл.). Представление о полных экономических потерях дают данные [3] по крупным авариям.

Наряду с экономическими потерями, наиболее важным есть показатель количества пострадавших в результате каскадных пожаров. Данные показатели определяются количеством погибших (в т.ч. пожарных), получивших нетрудоспособность на основании оценки социально-экономических потерь [3].

Практически оказывается, что в тех случаях, когда на предприятии или в его окрестностях имеется дополнительная пожарная нагрузка, процесс приобретает

каскадный характер. Крупные пожары, не относящиеся к каскадным, имели место лишь в тех случаях, когда в процесс с самого начала была вовлечена вся пожарная нагрузка. Применительно к промышленным предприятиям можно утверждать, что массовый пожар возникает в результате последовательного вступления в процесс отдельных объектов, т.е. массовый пожар – предельный случай каскадного процесса. Возрастание роли каскадных пожаров в промышленности подтверждается объективными статистическими данными. Согласно данным [4,5] количество каскадных пожаров за последние годы увеличилось, и есть основания утверждать, что доля каскадных пожаров среди всех крупных пожаров в промышленности в настоящее время превышает 70%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маршалл В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М.: Мир, 1989. – 671 с.
2. Сенчихин Ю.Н. Пути решения задач оценки основных характеристик каскадного развития пожара на промышленном предприятии / Ю.Н. Сенчихин, И.Ф. Дадашев // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. АПБ Украины. – Вып. 12. – Харьков: Фолио, 2002. – С. 159-161.
3. Дадашев И.Ф. Оценка социально-экономических потерь при катастрофах / И.Ф. Дадашев, В.Б. Швед, А.И. Хянькяйнен // Коммунальное хозяйство городов: Респ. межвед. науч.-техн. сборник. – Вып. 13. – Киев: Техника, 1998. – С.163-165.
4. Дзюндзюк Б.В. Катастрофы и чрезвычайные ситуации / Б.В. Дзюндзюк, А.И. Хянькяйнен, В.Б. Швед. – Харьков: ФОРТ, 1998. – 117 с.
5. Москаленко В.В. Анализ пожаров на промышленных предприятиях, носящих каскадный характер развития / В.В. Москаленко, Ю.Н. Сенчихин // Роль местной ПВО и пожарной охраны в годы Великой отечественной войны. Материалы международной науч.-практ. конф. – Кокшетау, РГУ КТИ КЧС МВД Республики Казахстан, 2015. – С. 214-217.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ СДВОЕННЫМИ УСТУПАМИ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ КАРЬЕРОВ

Петророва Л.И.

Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова

Горнодобывающая промышленность в республике Узбекистан активно развивается. Уникальными по запасам и количеству компонентов полезных ископаемых являются месторождения «Мурунтау» и «Кальмакыр», начатые эксплуатироваться около полувека назад открытым способом. В настоящее время опустили рабочими забоями на глубину более 600÷800 м. Месторождения относятся к опасным производственным объектам (ОПО), так

как взрывчатые вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов.

Анализ фактических условий выполнения добычных работ с увеличением глубины карьеров обуславливает целый ряд проблем, одни из которых:

- увеличивается опасность перевозки горной массы;
- отсутствие опыта работ на больших глубинах.

В связи с развитием технического прогресса и оснащением предприятий высокопроизводительной и эффективной техникой, совершенствуются технологии добычи и переработки горных пород.

С увеличением глубины добычных забоев свыше 300÷400 м для обеспечения проектной производительности карьеров на достигнутом уровне горнодобывающие предприятия Узбекистана перешли на циклично-поточную технологию, которая продолжала совершенствоваться по мере углубления добычных забоев. Решение преобладающего большинства проблем глубоких карьеров было найдено во внедрение инновационной технологии взрывного дробления горных пород глубокими (30÷50 м) скважинами большого диаметра (180÷220 мм) при работе зарядов рыхления в замкнутом пространстве с удельным расходом ВВ 1 и более кг на 1м³ разрыхляемой горной массы [1].

Существующий метод работы рассчитан на 15 метровые уступы. Переход на новую технологию ведения буровзрывных работ позволило сократить затраты, на весь комплекс БВР в целом. Предложенная технология производства буро-взрывных работ на нижних горизонтах глубоких рудных карьерах позволяет в двое сократить количество рабочих добычных уступов, создать необходимый фронт добычных работ глубинной части, за счет сокращения вдвое рабочих площадок на нижних горизонтах позволит увеличить на 6° - 8° угол наклона рабочего борта в условиях карьера «Кальмакир», что сократит объемы вскрышных работ более чем на 850 млн. м³, а обеспечит промышленную безопасность.

Взрывание высоких уступов является новой прогрессивной технологией буровзрывных работ, позволяющей эффективней управлять энергией взрыва.

Все взрывные работы проводятся в соответствии с Приказом «Об утверждении типовой инструкции по безопасному проведению массовых взрывов на земной поверхности» [2].

При производстве взрывных работ устанавливаются безопасные расстояния для людей, утвержденные проектом, исключая несчастные случаи.

Государственное регулирование в области промышленной безопасности осуществляют Кабинет Министров Республики Узбекистан, специально уполномоченный государственный орган, а также другие государственные органы, которые в соответствии с законодательством имеют отдельные полномочия в области промышленной безопасности.

Государственный надзор за соблюдением требований промышленной безопасности осуществляется в целях проверки выполнения требований промышленной безопасности организациями, эксплуатирующими опасные

производственные объекты и выполняет государственный комитет по промышленной безопасности республики Узбекистан.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика существующей и новой технологий производства буро-взрывных работ (БВР) на карьере.

Таблица. Сравнительная характеристика существующей и новой технологии.

№	Наименование показателя	Единица измерения	Технологии	
			по существующей технологии (15 м уступами)	по новой технологии (30 м уступами)
1	Высота уступа	м	15	30
2	Глубина скважины	м	18	33
3	Удельный расход ВВ	кг/м ³	1,1	1,4
4	Годовой расход ВВ	т	11 000	14 000
5	Стоимость производства БВР	сум/м ³	580	516

Из таблицы видно, что проведение БВР сдвоенными уступами позволяет сократить использование ВВ, и тем самым позволит обеспечить безопасность работников.

При производстве взрывных работ (работ с ВМ) проводятся мероприятия по обеспечению безопасности персонала взрывных работ, предупреждению отравлений людей пылью взрывчатых веществ и ядовитыми продуктами взрывов, а также осуществляется комплекс мер, исключающих возможность взрыва пыли ВВ.

Отпуск-приемка ВМ производится только из специального вспомогательного помещения (хранилища) расположенного вблизи от въезда (входа) на базисный склад не ближе 20м от основных хранилищ склада ВМ.

Вспомогательное хранилище построено из негорючих материалов и разделено на две части сплошной (без проемов) негорючей (кирпичной, бетонной) стеной толщиной не менее 25см имеющее два тамбура для выдачи и приемки взрывчатых веществ и средств взрывания.

Таким образом, за счет объединения двух – трех уступов в один, в условиях значительного снижения рабочего пространства при работе проектными уступами (H=10÷15 м) на глубинах карьеров 600 и более метров, значительно увеличиваются рабочие площадки уступов, что позволяет улучшить организацию производства работ в карьере и эффективно использовать технологическое оборудование, включая замену его на более производительное, безопасное и экономически наиболее эффективное.

Помимо прямого экономического эффекта при производстве БВР по данной технологии значительно улучшаются экологические условия в карьере в связи с резким сокращением выброса ядовитых продуктов разложения ВВ в атмосферу карьера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петросов Ю.Э., Петросова Л.И. Разработка глубоких горизонтов рудных карьеров высокими уступами. Монография ISBN 978-613-9-89567-0.LAP LAMBRET. 2018.230с. International Book.

2. ПП №4058 Об организации деятельности государственного комитета Республики Узбекистан. Ташкент 12.12.2018.

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ АО «УЛАН-УДЭНСКИЙ АВИЦИОННЫЙ ЗАВОД»

Подмарков В.В., Сакунов Е.С.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

АО «Улан-Удэнский авиационный завод» (далее АО У-УАЗ), является одним из ведущих предприятий авиационной промышленности и оборонно-промышленного комплекса России. Производственные мощности такого размаха и такой стратегической важности обеспечены системами водоснабжения. На долю наших пожарных выпала огромная ответственность беречь – это уникальное производство и его продукцию от огня. Предприятие входит в состав холдинга «Вертолеты России» Государственной корпорации «Ростех». Акционерное общество «Улан-Удэнский авиационный завод» относится к категории важных для города Улан-Удэ, Республики Бурятия и России. АО «У-УАЗ» – объект пожаровзрывоопасный. В технологическом процессе здесь широко применяются такие вещества, как бензин, бензол, керосин и другие, образующие в смеси с воздухом взрывоопасные концентрации. Разливы продукта при сливноналивных операциях, разгерметизация трубопроводов могут привести к взрыву и распространения пожара на большую площадь. Условия работы создают повышенную ответственность, ведь на таком предприятии крайне опасны даже мелкие возгорания.

В настоящей статье освещены необходимость использования воды в производственных условиях, основные понятия и определения систем водоснабжения промышленных предприятий, их классификация, основные элементы, условия расчета сооружений систем промышленного водоснабжения (далее – СПВ), схемы СПВ.

Необходимость использования воды на предприятии заключается в том, чтобы использовать ее для бытовых и питьевых нужд, для нужд пожаротушения, а также для необходимой работы технологических процессов, связанных с потреблением или обеспеченностью водой. В зависимости от вида и объема производства, каждому предприятию требуется необходимое количество воды для поддержания технологических процессов, с учетом качества и требования к составу воды. Таким образом одним из важнейших пунктов эффективного производственного процесса работы предприятия является обеспечение водой в нужном объеме и нужного качества. Соответствующие свойства используемой воды, объем ее потребления, а также обеспеченность достойным уровнем систем водоснабжения в конечном итоге отражается как на качестве производимой продукции, так и на конечной

стоимости выпускаемого товара. Использование воды, не соответствующей требованиям технологического процесса в конечном итоге выливается в поломку или вывод из работы элементов оборудования, увеличение выбраковки производимого товара или отдельных его частей. Для обеспечения надежного, стабильного и качественного водоснабжения на предприятии создается специальная система водоснабжения, планируемая еще до начала застройки того или иного производственного корпуса и размещения в нем какого-либо производственного участка.

Система водоснабжения включает в себя трубопроводы, оборудования, сооружения при помощи которых производится забор воды от природных источников, очистка, обработка, распределение, доставка по трубопроводам, подача потребителям под необходимым давлением и в необходимых объемах. Система водообеспечения предприятия должна обладать требуемой степенью надежности, а значит обеспечить подачу воды потребителям без снижения необходимых показателей эффективности по объему и качеству подаваемой воды (снижение качества, задержки подачи воды или перебои с ее подачей в недопустимых пределах), поэтому после определения необходимого количества воды для обеспечения объекта, обзора сведений о возможных для использования природных источников, выбирается конкретный источник исходя из анализа качества воды, удаленности, способе подачи воды, намечается схема СПВ.

В настоящее время водоснабжение АО «У-УАЗ» обеспечено непосредственным забором воды от скважины, которая находится на левой стороне реки Уда вблизи территории предприятия, по надземному трубопроводу к насосной №2, расположенной на территории АО У-УАЗ, а также по подземному трубопроводу к насосной №3, расположенной за пределами завода и обеспечивающей водопотребление поселка Загорск.

Рассматривая водоснабжение в рамках предприятия АО «У-УАЗ» надо брать в учет, что оно организовано как система водоснабжения промышленного предприятия, которое представляет собой комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов, обеспечивающих забор воды из природного источника, обработку и очистку, транспортировку по магистральным трубопроводам и подачу воды потребителям с учетом требуемых объемов и качества. В комплексе технического водоснабжения имеются сооружения и оборудование, необходимые для приема использованной в технологическом процессе воды, ее очистки, охлаждения или разбавление и подготовку воды к повторному использованию. Таким образом, насосная станция №2 АО «У-УАЗ», обеспечивает снабжение водой хозяйственно-питьевого водопровода, а также производит обеспечение водой сети трубопроводов, предназначенных для непосредственного участия в технологическом процессе предприятия. Поэтому на предприятии предусмотрено отдельная система хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, а также отдельная система технического водоснабжения. Всего в границах АО «У-УАЗ» насосная станция №2 обеспечивает водоснабжением 47 производственных корпусов разной производственной мощности из них 12 корпусов обеспечены водой задействованной в проведении технологического процесса.

Общеприняты 3 основные схемы СПВ:

- прямоточная схема;
- прямоточная схема с повторным использованием воды;
- обратная схема.

В период работы прямоточной системы их источника водообеспечения, потребителями берется все необходимое количество воды. Поэтому производительность водозаборных устройств, очистных станций и насосов первого подъема как правило выбирается с учетом условия обеспечения полной потребности предприятия в воде в сутки при учете максимального водопотребления. Это способствует увеличению размеров и мощностей этих элементов, что соответственно увеличивает их окончательную стоимость. Недостатком прямоточной системы виден в том, что использованная вода сливается в естественные водоемы при условии отсутствия нарушения экологической среды в следствии этих сбросов.

Прямоточная схема используется исключительно для хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, так как исключается повторное использование воды этими потребителями. Насосная №2 рассматриваемого предприятия для обеспечения хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения спроектирована по прямоточной схеме, при помощи которой, водой обеспечены 47 корпусов, в которых в общем количестве насчитывается 380 пожарных кранов, а также обеспечены водой 63 пожарных гидранта. Кроме того, при помощи производственной мощности насосной станции №2 так же обеспечен водой поселок Восточный включающий в себя 96 жилых домов разной этажности, частный жилой сектор, обеспеченный водоснабжением, а также 184 пожарных гидранта расположенных в границах поселка.

По прямоточной схеме с повторным использованием воды работают 12 корпусов рассматриваемого предприятия. В данных случаях применяется принцип повторного использования воды. Эта система работает по схеме прямоточного режима, но из источника забирается только тот объем воды, который необходим потребителю с большим расходом, а остальные используют его сбрасываемую воду.

Данный вариант позволяет уменьшить суммарный объем забираемой и сбрасываемой воды, уменьшить производительность, а соответственно и снизить стоимость всей системы водоснабжения. Системы повторного использования воды открывают возможности для снижения стоимости системы водоснабжения, сокращения потребления пресной воды и сброса загрязненных вод. Для создания повторной схемы СПВ за основу берется то, что 70-85% технологической воды в технологических установках используется в качестве хладагента предназначенного для охлаждения и после охлаждения может повторно использоваться. В системе оборотного водоснабжения насосы поставляют воду посредством водопроводной сети потребителям. Нагретая и загрязненная у потребителей вода по системе трубопроводов направляется на станцию очистки загрязненных вод (ОЗВ). Прошедшая очистку, но пока теплая вода собирается в резервуары (РОВ), после чего насосами станции оборотной воды (НОВ) направляется на охлаждающие устройства.

Охлажденная вода опять подается потребителям насосами. На предприятии АО «У-УАЗ» 12 производственных корпусов работают по схеме повторного использования воды, циркуляция которой, производится при помощи насосной станции №4 так же расположенной на территории завода. Данная вода после использования проходит через установки очистки находящиеся в станции очистки загрязненных вод, охлаждения через охладительную башню именуемую градирней, после чего пройдя стадию разбавления поступает вновь к использованию в производственном процессе.

Для обеспечения слаженной работы относительно каждого сооружения устанавливаются расчетные расходы:

Максимальный суточный расход – это расход в основу которого входят водозаборные сооружения, очистные сооружения, накопительные и насосные станции первого и второго подъема. На предприятии в среднем от 25 тысяч кубов воды в сутки.

Среднечасовой расход в сутки наибольшего водопотребления – расход, необходимый для установления производительности водозаборных станций, очистных сооружений, водоводов первого подъема во временную единицу измерения.

Максимальный часовой и соответствующий секундный расход воды – это расход для которого рассчитываются пропускная способность водопроводной сети и соответствие производительности насосной станции, при подаче хозяйственно-питьевого или пожарного расхода без напорно-регулирующих сооружений.

Таким образом, максимальный суточный расход воды в рамках АО «У-УАЗ» без учета, обеспеченного водой при помощи насосной станции №2 п. Восточный, составляет 25 тысяч кубических метров в сутки, средний расход колеблется в рамках 8-10 тысяч кубических метров в сутки, а минимальный часовой расход равен 330-420 тысячам литров в час.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31952-2012 «Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения» – 2012. – М. Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2011. – IV, 23 с.
2. Н.И. Барановский, Н.И. Куликов, Н.Г. Найманов, Н.Г. Насонкина, И.Н. Рождов, С.Б. Никита, Е.Н. Куликова, Л.Н. Приходько, Д.Н. Куликов. Водоснабжение. – Новосибирск, 2016 г. – 706 с.
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», 2021.
4. Справочник ППВ г. Улан-Удэ, 2020.

АПРИОРНАЯ И АПОСТЕРИОРНАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Порошин А.А., Харин В.В., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В., Кондашов А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский Ордена
«Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
МЧС России»

Как в отечественных, так и в зарубежных исследованиях по оценке профессионального риска он явно или неявно подразделяется на априорный и апостериорный [1-6]. Под априорным профессиональным риском чаще всего понимают его прогностическую оценку. Например, Международной организацией труда (далее – МОТ) количество несмертельных несчастных случаев на производстве рекомендовано оценивать с использованием наиболее вероятного предполагаемого соотношения числа смертельных и несмертельных несчастных случаев. Это соотношение частей «пирамиды несчастных случаев» равно, по мнению МОТ, примерно 1/1000, то есть, каждый тысячный несчастный случай ведет к смертельному исходу [1]. В МОТ существует методика по оценке достоверности статистики несчастных случаев на производстве в странах с несовершенным учетом, которая позволяет оценивать риск несчастного случая, приближенный к реальному, в условиях неполной регистрации [2-3]. Данная методика при оценке риска несчастного случая на производстве использует отношение общего числа травм к числу случаев гибели работников. Этот показатель является достаточно информативным, так как снижение уровня травматизма зачастую обусловлено сокращением несчастных случаев на производстве, в первую очередь легких и средней тяжести [4].

Оценка апостериорного риска предусматривает анализ комплекса взаимосвязанных показателей здоровья с последующим сравнением их с какими-либо другими базовыми показателями [5-6]. Однако, необходимо отметить, что, начиная с 2015 г. происходит снижение показателя доли работников, занятых на рабочих местах, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам. По мнению экспертов, этот процесс связан с изменением методических подходов к оценке условий труда [6]. В 2014 г. вместо процедуры аттестации рабочих мест в соответствии с Федеральным законом от 28.12.13 №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» была внедрена система специальной оценки условий труда. Изменение нормативов по ряду производственных факторов в сторону их снижения или исключения из оценки способствует переводу многих рабочих мест, условия труда на которых ранее относились к вредным и/или опасным, в категорию допустимых.

Известно также, что снижение уровня травматизма на предприятии является следствием значительных вложений в производство: модернизации оборудования, внедрения автоматизированных процессов, существенного

улучшения системы охраны труда, в том числе обучения персонала навыкам безопасного проведения работ. Опыт многих стран свидетельствует, что реализация подобных мер, в первую очередь, приводит к снижению частоты травм со смертельным исходом и тяжелых травм, а сокращение несчастных случаев, относящихся к категории легких, происходит более медленными темпами [7].

Поэтому достаточно актуальной является разработка оценки состояния системы управления охраной труда (далее – СУОТ) с учетом как априорной, так и апостериорной информации о статистике несчастных случаев на производстве и условиях труда.

В настоящей работе с использованием байесовского подхода разработана модель динамического контроля состояния СУОТ в отдельных отраслях промышленности. Для характеристики состояния СУОТ используется комплексный показатель оценки состояния СУОТ [8]. Априорное значение *оценивается* по усредненным за некоторый период времени значениям показателей, характеризующих состояние СУОТ.

Для апостериорной оценки состояния СУОТ рассматривается изменение значений соответствующих показателей в текущем году по сравнению с предыдущим годом или по сравнению со средними значениями за некоторый период времени (в скобках указано обозначение соответствующего показателя):

количество погибших при несчастных случаях в расчете на 1000 работающих, безразм. (X_1);

количество пострадавших при несчастных случаях с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом в расчете на 1000 работающих, безразм. (X_2);

соотношение количества травмированных и погибших при несчастных случаях, безразм. (X_3);

число дней нетрудоспособности у пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более, в том числе со смертельным исходом, в расчете на 100 работающих, день/чел. (X_4);

количество лиц с впервые установленным профессиональным заболеванием в расчете на 1000 работающих, безразм. (X_5);

доля лиц, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, безразм. (X_6).

Комплексный показатель оценки состояния СУОТ θ увеличивается при уменьшении показателей X_1, X_2, X_4-X_6 и увеличении показателя X_3 . Данная зависимость может быть представлена в виде

$$X_k = \gamma_k \theta + \delta_k, \quad (1)$$

где, коэффициенты γ_k и δ_k описывают взаимосвязь показателя X_k и комплексного показателя оценки состояния СУОТ θ .

Если хотя бы один из показателей X_1-X_6 ухудшается по сравнению с предыдущим годом, проводится дополнительная корректировка оценки СУОТ с учетом затрат на мероприятия по охране труда, компенсации и средства индивидуальной защиты:

общие затраты на мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_7);

затраты на организационные мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_8);

затраты на технико-технологические мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_9);

затраты на санитарно-гигиенические мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{10});

затраты на подготовку работников по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{11});

затраты на оплату ежегодного дополнительного отпуска в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{12});

затраты на оплату труда в повышенном размере в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{13});

затраты на лечебно-профилактическое питание в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{14});

затраты на молоко или другие равноценные пищевые продукты в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{15});

затраты на проведение медицинских осмотров в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{16});

затраты на спецодежду, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты в расчете на одного работающего, руб./чел. (X_{17}).

В байесовском подходе искомое (апостериорное) распределение показателя θ выражается через априорное распределение θ и с распределения показателей, характеризующих состояние системы (в нашем случае X_1 – X_6 и X_7 – X_{17}). В качестве априорного распределения будем рассматривать нормальное распределение со средним значением θ_0 и дисперсией σ_0^2 . Случайные величины X_k характеризуются нормальными распределениями со средними значениями (1) и дисперсиями σ_k^2 .

Искомое распределение может быть представлено в следующем виде

$$p(\theta|X) \sim \prod_{k=1}^6 \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k} \exp\left(-\frac{(\gamma_k\theta + \delta_k - X_k)^2}{2\sigma_k^2}\right) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \exp\left(-\frac{(\theta - \theta_0)^2}{2\sigma_0^2}\right). \quad (2)$$

Апостериорная оценка величины θ находится из распределения (2) методом максимизации апостериорной плотности [9] и может быть представлена в следующем виде

$$\hat{\theta} = \frac{\sum_{k=1}^6 \frac{\gamma_k(X_k - \delta_k)}{\sigma_k^2} + \frac{\theta_0}{\sigma_0^2}}{\sum_{k=1}^6 \frac{\gamma_k^2}{\sigma_k^2} + \frac{1}{\sigma_0^2}}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов γ_k и δ_k выражаются через усредненные за некоторый период времени значения показателей X_1 – X_6 . Для показателей X_1, X_2, X_4 – X_6 принимается $\gamma_k = -2\bar{X}_k, \delta_k = 2\bar{X}_k$. Для показателя X_3 принимается $\gamma_3 = 2\bar{X}_3, \delta_3 = 0$.

Значения σ_k определяются по вариации соответствующего показателя за рассматриваемый период с учетом весовых коэффициентов, которые принимаются равными 0,2 для первого показателя и 0,5 для остальных. Значение σ_0 принято равным 0,1.

Для оценки показателя θ в последующие годы в формуле (3) вместо θ используется оценка показателя состояния СУОТ в предшествующем году.

Дополнительная корректировка оценки состояния СУОТ с учетом затрат на мероприятия по охране труда выполняется по формуле

$$\hat{\theta} = \frac{\sum_{k \in \{7 \dots 17\}} \frac{\gamma_k (X_k - \delta_k)}{\sigma_k^2} + \frac{\hat{\theta}}{\sigma_0^2}}{\sum_{k \in \{7 \dots 17\}} \frac{\gamma_k^2}{\sigma_k^2} + \frac{1}{\sigma_0^2}}, \quad (4)$$

значения коэффициентов γ_k принимаются равными $X_k / \hat{\theta}$, где X_k – значение k -го показателя в предыдущем году, $\delta_k = 0$.

Значения σ_k определяются по вариации соответствующего показателя за рассматриваемый период с учетом весовых коэффициентов, которые принимаются равными 2 для показателя X_7 и 10 для остальных показателей.

Если расходы на мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего в текущем году уменьшились по сравнению с предыдущим годом, в формуле (4) учитывается только показатель X_7 . В противном случае дополнительно учитываются те показатели $X_8 - X_{17}$, значения которых уменьшились в текущем году.

Оценка результативности СУОТ проводится с использованием интервалов функции Харрингтона [10]

$$d = \exp(-\exp(-(5\theta - 2))). \quad (5)$$

Результативность СУОТ считается хорошей, если $d \geq 0,8$, удовлетворительной, если $0,3 \leq d < 0,8$, плохой, если $d < 0,3$.

Предложенный в статье подход может быть применен для оценки результативности СУОТ в других областях экономической деятельности (сельское хозяйство, транспорт, строительство и др.) с учетом опасности условий труда и рисков повреждения здоровья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вступительный доклад МОТ: Достойный труд – безопасный труд. – Женева: Международное бюро труда, 2006. – 56 с. URL: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_312025.pdf. (дата обращения 24.08.2021).
2. Hämäläinen P., Saarela K. L., Takala J. Global trend according to estimated number of occupational accidents and fatal work-related diseases at region and country level. Journal of Safety Research, 2009. Vol. 40, Issue 2, P. 125-139.
3. Leigh J.P., Marcin J.P., Miller T.R. An estimate of the U.S. Government's undercount of nonfatal occupational injuries. J Occup Environ Med. 2004. Vol. 46. No. 1. P.10-18.

4. Измеров Н.Ф., Тихонова Г.И., Чуранова А.Н., Горчакова Т.Ю. Условия, охрана труда и производственный травматизм в России. // *Здравоохранение Российской Федерации*. – 2013. – № 1. – С. 3-7.
5. Dembe A.E., Erickson J.B., Delbos R.G., Banks S.M. The impact of overtime and long work hours on occupational injuries and illnesses: new evidence from the United States. *Occupational Environment Medicine*. 2005. Vol. 62. No. 9. P. 588–597.
6. Евстигнеева Н.А. Статистика условий труда после введения процедуры специальной оценки условий труда. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 8-5, С. 673-677.
7. Тихонова Г.И., Чуранова А.Н. Многолетний анализ особенностей учета несчастных случаев на производстве в России // *Демографическое обозрение*. 2019. Т. 6, №2. – С.142-164.
8. Порошин А.А., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Динамическая модель оценки состояния системы управления охраной труда // *Безопасность труда в промышленности*. – 2021. – № 6. – С. 28-33. – DOI 10.24000/0409-2961-2021-6-28-33.
9. Bassett R., Deride J. Maximum a posteriori estimators as a limit of Bayes estimators // *Mathematical Programming*. – 2019. – No. 174. – P. 129-144. – DOI: 10.1007/s10107-018-1241-0.
10. Черная, А. С. Использование функции Харрингтона в рейтинговых оценках и задачах классификации // *Современная математика и концепции инновационного математического образования*. – 2017. – Т. 4. – № 1. – С. 365-368.

ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Тельпук О.В., Тельпук М.В.

Барановичский государственный университет

Проблему производственного травматизма нельзя решить, если совершенствовать лишь техническую составляющую, поскольку большую роль играет присутствие «человеческого фактора». При низком уровне восприятия безопасности сотрудниками предприятия, происходит пренебрежение правилами безопасного поведения при выполнении работ. Хотя очевидно, когда человек работает, соблюдая все необходимые требования, риск получить производственную травму значительно снижается. Необходимо не принуждать, а заинтересовать персонал работать в безопасных условиях, т.е. нужно внедрять культуру безопасности на производстве, повышать осознанность рисков каждого работника.

Культура безопасности – квалификационная и психологическая подготовленность работников (персонала), при которой обеспечение

безопасности является приоритетной целью и внутренней потребностью, приводящей к осознанию личной ответственности и к самоконтролю в процессе выполнения всех работ, влияющих на безопасность [8].

При анализе состояния культуры безопасности в различных производственных организациях во всем мире выявляются общие черты, присущие большинству предприятий, для которых характерно проявление на трех стадиях функционирования [4, 6, 11].

Первая стадия. Организация рассматривает безопасность как требование, привнесенное от внешних вышестоящих санкций, а не как аспект поведения, с помощью которого организация может повысить уровень эффективности собственного производства. Внешними являются требования государственного управления, региональных властей или регулирующих органов. На этой стадии нет осознания роли поведенческих аспектов и позиции людей в деле обеспечения безопасности. Безопасность рассматривается как техническая задача, требующая достаточно простого соблюдения правил и положений.

Вторая стадия. На этом этапе руководство организации осознает важность обеспечения безопасности, независимо от требований со стороны регулирующих органов. Управление в сфере безопасности регулируется, как и в других сферах деятельности предприятия, путем планирования определенных показателей или целей. Организация начинает исследовать причины неспособности улучшить показатели безопасности и готова обратиться за советом к другим организациям.

Третья стадия. На этом этапе управление организации осуществляет меры по постоянному улучшению обеспечения безопасности. Внимание уделяется вопросам коммуникации, профессионального обучения и стиля управления, а также повышению эффективности и результативности работы. Каждый в организации может внести свой вклад. В организации есть поведенческие тенденции, способствующие непосредственному улучшению методов работы, и в то же время есть поведенческие тенденции, которые препятствуют дальнейшему улучшению. Это также отражает уровень влияния поведенческих аспектов на безопасность. Достигнут высокий уровень осведомленности о важности поведенческих факторов и отношения к вопросам безопасности и, соответственно, принимаются меры по улучшению поведения персонала [11].

Существует четыре основных требования для осуществления эффективного управления процессом безопасности, которые тесно связаны между собой:

четкая и последовательная приверженность безопасности со стороны высшего руководства на корпоративном уровне и на уровне предприятия;

рабочая среда, способствующая поддержанию соответствующей культуры безопасности;

приверженность на всех уровнях усилиям по созданию и поддержанию надлежащей культуры безопасности;

проявлять «скромность» в оценке прогресса в том смысле, что обеспечение адекватной безопасности никогда не принимается как должное [5].

П. Смитт и К. Гаррет, указывая на то, что культура безопасности труда лежит в основе организационной культуры предприятия наряду с культурой руководства, приводят пятифакторную модель культуры безопасности труда:

первый фактор – это лидерство в области безопасности, а именно: помощь регулирующих органов, точное определение цели и сбалансированная трудовая жизнь.

второй фактор – безопасность коммуникаций, предполагающая активное участие сотрудников на всех уровнях управления предприятием;

третий фактор – это управление безопасностью, включая процедуры, дисциплинарный процесс и обучение;

четвертый фактор – готовность к изменениям безопасности (с пониманием нулевого ущерба);

пятый фактор – показатели безопасности (система оценки безопасности) [11].

Правильное управление процессами безопасности требует создания производственной среды, которая будет способствовать продуктивной работе сотрудников, а их мнения и предложения будут приниматься во внимание. Важной чертой такой атмосферы должно быть открытое, доверительное и эффективное двустороннее общение по вопросам безопасности, охватывающее все звенья цепочки подчинения и области работы [1, 6, 9].

Нормативные проверки и правоприменение являются важными инструментами мониторинга безопасности на рабочем месте. В то время как ответственность за обеспечение безопасности лежит на эксплуатирующей организации, регулирующие органы могут либо помогать, либо препятствовать этому процессу в зависимости от своего отношения к проверкам и правоприменению. Есть три общих типа, которые примерно отражают три стадии культуры безопасности, описанные выше.

1) Регулирование "на основе соблюдения предписаний". Этот подход обычно используется регулирующим органом, устанавливающим нормы и требования, которым должны следовать эксплуатирующие организации. При таком режиме проверки и контроля за соблюдением правил заключаются в основном в отслеживании выполнения этих правил и принятии определенных мер при их нарушении.

2) Регулирование "на основе показателей". Этот подход должен обладать соответствующими требованиями безопасности, но обеспечивать некоторую гибкость в средствах для достижения этой цели. Регулирующий орган использует показатели эффективности безопасности для отслеживания изменений в безопасности, а инспекционная деятельность сосредоточена на мониторинге этих показателей. Однако недостатком этого подхода является то, что используемыми показателями можно манипулировать (т.е. усилия могут быть направлены на повышение производительности, а не на улучшение самой безопасности).

3) Регулирование "на основе режима". При таком подходе учитывается, что безопасная работа предприятия имеет зависимость от эффективности организационных режимов, разработанных для его эксплуатации, технического

обслуживания, модификации и улучшения. Режимный подход фокусируется на организационных системах, которые разработаны для обеспечения непрерывной безопасной работы с точки зрения внутренней логики организации предприятия.

Вывод. Таким образом, формирование культуры безопасности на работе – необходимый процесс, требующий значительного внимания и временных ресурсов, в котором задействован весь персонал, от высшего руководства до рядовых сотрудников. Грамотное управление процессами безопасности требует создания рабочей среды, которая способствует хорошей работе сотрудников, их мнения и предложения выслушиваются и принимаются соответствующие меры. Риски опасного поведения могут быть существенно снижены, если все работники, начиная от руководителей на всех уровнях до рабочих, будут максимально заинтересованы в соблюдении требований безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакаева, Т.Н. Культура труда личности как составляющая культуры безопасности жизнедеятельности / Л.В. Толмачёва, Т.Н. Бакаева // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-2 (32). – С. 11.
2. Барраклаф, И. Культура безопасности / А.Карнио, И.Барраклаф // Бюллетень МАГАТЭ. Вена, 1998. Т. 40, № 2. – С. 27-30.
3. Батищева, А.С. Анализ состояния и проблемы производственного травматизма в Кузбассе / В.А.Быстров, А.С.Батищева // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 1 (23). – С. 59-63.
4. Добролюбова, М.Ф. Системный подход к формированию культуры безопасности труда / М. Ф.Добролюбова // Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. 2018. № 4 (11). – С. 55-57.
5. Зубков, М.Э. Модель формирования корпоративной культуры безопасности труда / М.Э. Зубков // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2012. № 11 (111). – С. 96-100.
6. Кузнецова, Е.А. От условий труда к культуре безопасности: анализ научных исследований / Е.А. Кузнецова // Социально-трудовые исследования. 2019. № 1. – С. 91-99.
7. Россия в цифрах. 2018: краткий статистический сборник Росстат. М.– 2018. – 522 с.
8. Словарь-справочник терминов нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://normative_reference_dictionary.academic.ru. – Дата доступа: 08.12.2022
9. Шампорова, Н.С. Человеческий фактор в культуре безопасности труда / Н.С. Шампорова // Мир современной науки. 2014. – № 2 (24). – С. 28-30
10. Шевченко, Л.А. Анализ состояния производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в Кемеровской области / Л.А. Шевченко, А.В. Шматова, Г.К. Яппарова // Сборник трудов V Международной НПК.

Прокопьевск: Филиал ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 2016. – С. 247-252.

11. Charles B. Perrow. Normal Accidents: Living With High Risk Technologies. Princeton, 1999. 451 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Харин В.В., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В., Кондашов А.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский Ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»

В последнее время в области охраны труда получило развитие новое направление – риск-ориентированный подход, подразумевающий принятие решений, планирование мероприятий по охране труда в зависимости от величины профессиональных рисков [1, 2]. Одним из важнейших показателей при оценке результативности системы управления охраной труда (далее – СУОТ) является снижение рисков гибели и травмирования работающих при выполнении профессиональной деятельности [3]. Важной характеристикой СУОТ является эффективность расходования средств, выделяемых на охрану труда. Очевидно, что при увеличении затрат на охрану труда должен снижаться уровень профессиональных рисков.

В настоящей работе проведено изучение зависимости уровня профессиональных рисков в экономике Российской Федерации от расходов на охрану труда. На рис. 1 показано распределение количества пострадавших (погибших и травмированных) на производстве на 1000 работающих от расходов на охрану труда на одного работающего в субъектах Российской Федерации для видов экономической деятельности, представленных в данных Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации за 2020 год [4].

Данное распределение не позволяет выявить четкую взаимосвязь между изучаемыми показателями. Для управления профессиональными рисками требуется более детальное изучение, которое возможно провести с применением факторного анализа. Факторный анализ позволяет выявить структурные связи между показателями профессиональных рисков и показателями затрат на мероприятия по охране труда с учетом особенностей отдельных субъектов Российской Федерации и выделить небольшое число латентных факторов, изменение которых объясняет изменение наблюдаемых показателей [5-6].

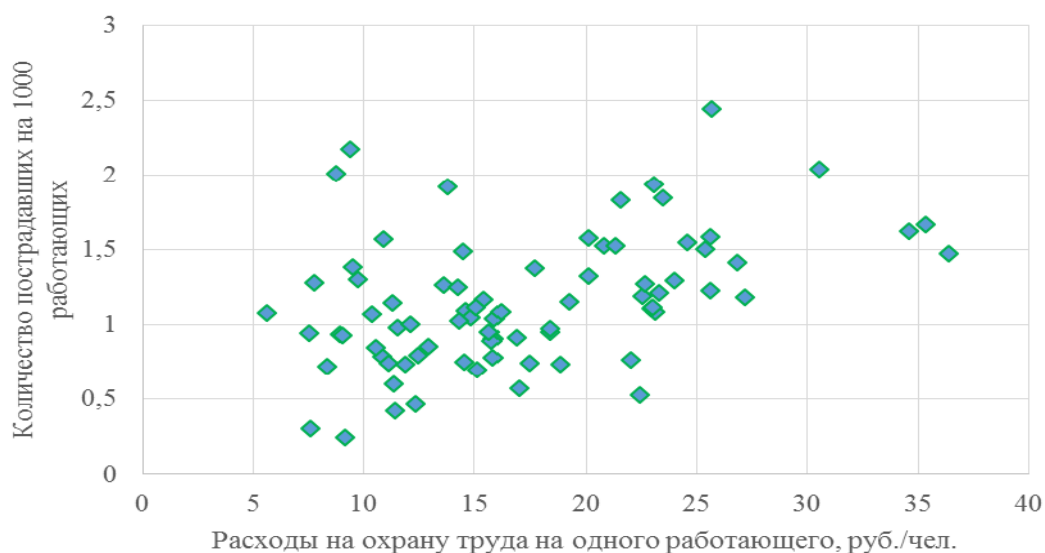


Рис. 1. Зависимость количества пострадавших на производстве от расходов на охрану труда в субъектах Российской Федерации

Для проведения факторного анализа выбраны следующие показатели, характеризующие уровень профессиональных рисков (в скобках указано обозначение соответствующего показателя): количество погибших при несчастных случаях за год в расчете на 1000 работающих, год⁻¹ (X_1); количество травмированных при несчастных случаях за год с утратой трудоспособности на один рабочий день и более в расчете на 1000 работающих, год⁻¹ (X_2); число дней нетрудоспособности за год у пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более, в том числе со смертельным исходом, в расчете на 100 работающих, день/чел./год (X_3); количество лиц с впервые установленным в течение года профессиональным заболеванием в расчете на 1000 работающих, год⁻¹. (X_4).

Затраты на мероприятия по охране труда за год оценивались по следующим направлениям: затраты на организационные мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_1); затраты на технико-технологические мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_2); затраты на санитарно-гигиенические мероприятия по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_3); затраты на подготовку работников по охране труда в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_4); затраты на оплату ежегодного дополнительного отпуска в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_5); затраты на оплату труда в повышенном размере в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_6); затраты на лечебно-профилактическое питание в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_7); затраты на молоко или другие равноценные пищевые продукты в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_8); затраты на проведение медицинских осмотров в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_9); затраты на спецодежду, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты в расчете на одного работающего, руб./чел./год (Y_{10}).

В общей сложности для проведения факторного анализа было отобрано 14 линейно независимых показателей для 85 субъектов Российской Федерации. Для выделения факторов использовался метод главных факторов. Для облегчения предметной интерпретации факторов было проведено их вращение в пространстве переменных методом варимакс.

Были выделены три значимых фактора, для которых собственные значения превышают 1. При этом первый фактор объясняет 37% общей дисперсии, второй фактор – 25%, третий – 13%, в сумме три значимых фактора объясняют 75% общей дисперсии. Факторные нагрузки приведены в таблице. Полужирным шрифтом для каждого фактора выделены значимые показатели, для которых факторные нагрузки больше 0,7.

Таблица. Факторные нагрузки показателей для значимых факторов.

Показатель	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
X_1	0,179	0,008	0,772
X_2	0,519	0,003	0,472
X_3	0,670	0,152	0,506
X_4	-0,217	-0,042	0,784
Y_1	0,355	0,887	-0,057
Y_2	0,008	0,962	-0,018
Y_3	0,129	0,954	-0,042
Y_4	0,226	0,734	0,115
Y_5	0,895	0,242	0,150
Y_6	0,901	0,188	-0,024
Y_7	0,642	-0,047	-0,133
Y_8	0,843	0,135	0,147
Y_9	0,854	0,321	0,036
Y_{10}	0,824	0,301	0,032
Собственные значения факторов	5,14	3,49	1,77
Доля общей дисперсии	0,367	0,249	0,127

Для первого фактора наиболее значимыми являются показатели, характеризующие затраты на компенсации работающим, спецодежду и средства индивидуальной защиты. В этот же фактор с большими весами входят показатели «количество травмированных при несчастных случаях за год с утратой трудоспособности на один рабочий день и более в расчете на 1000 работающих» и «число дней нетрудоспособности за год у пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более, в том числе со смертельным исходом, в расчете на 100 работающих». Это может быть связано с тем, что затраты на компенсационные выплаты выше для тех субъектов Российской Федерации, где более развиты отрасли промышленности с тяжелыми и (или) опасными условиями труда, например, угольная промышленность (доля работающих в опасных (тяжелых) условиях труда более 80%) или металлургия (более 70%) [4]. Для таких отраслей характерен более высокий уровень травматизма. В то же время

четвертый показатель, характеризующий уровень профессиональной заболеваемости, входит в первый фактор с отрицательным весом, т.е. увеличение расходов на охрану труда ведет в первую очередь к снижению профессиональной заболеваемости.

Второй фактор связан с затратами на мероприятия по охране труда. Показатели профессиональных рисков входят в этот фактор с незначительными весами.

В третий фактор с наибольшими весами входят показатели профессиональных рисков, тогда как показатели затрат на охрану труда имеют маленькие веса.

Такое четкое разделение показателей профессиональных рисков и показателей, характеризующих затраты на охрану труда, по разным факторам указывает на слабую взаимосвязь расходов на охрану труда с уровнем профессиональных рисков.

На рис. 2 показано распределение субъектов Российской Федерации в факторной плоскости, образуемой фактором 1, характеризующем расходы на компенсации, спецодежду и средства индивидуальной защиты, и фактором 3, характеризующем уровень профессиональных рисков.

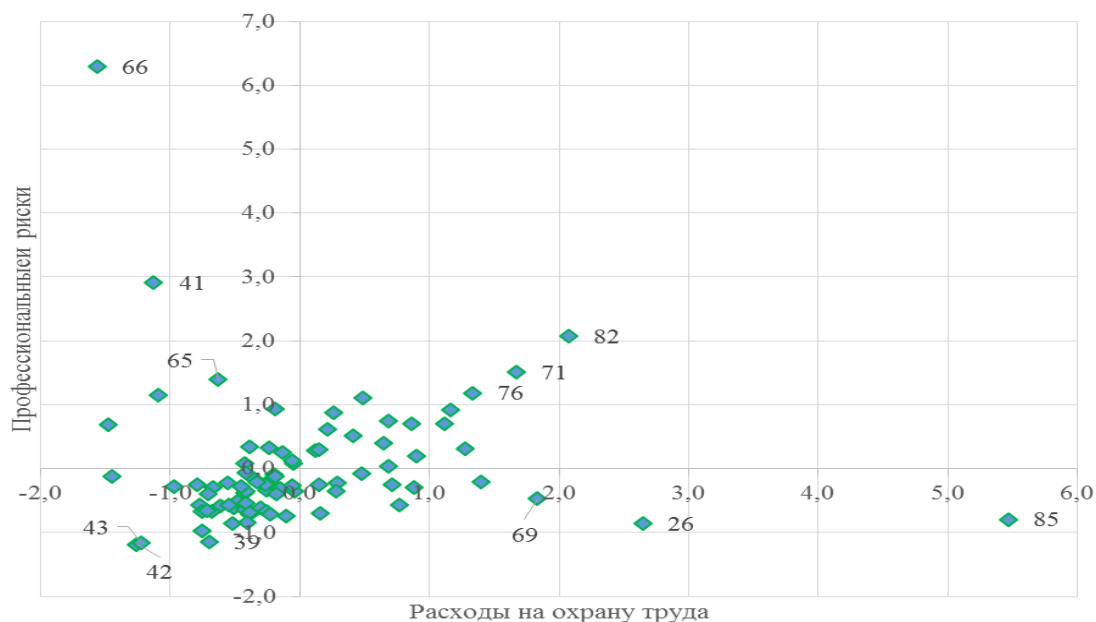


Рис. 2. Распределение субъектов Российской Федерации в факторной плоскости «расходы на охрану труда» – «уровень профессиональных рисков»

Для таких субъектов, как Магаданская область (на рисунке обозначена номером 82), Кемеровская область (71), Республика Саха (Якутия) (76) характерен высокий уровень профессиональных рисков при высоких затратах на охрану труда. В этих субъектах значительная доля работающих (67% в Кемеровской области, 57% в Магаданской области и 50% в Якутии по данным [4]) занята на производствах с вредными и (или) опасными условиями труда, и затраты на охрану труда не компенсируют высокий уровень рисков.

В то же время в таких субъектах как Мурманская область (26), Красноярский край (69), Чукотский автономный округ (85), где также

значительная доля занятых на вредных и (или) опасных производствах (соответственно 49%, 50% и 56%), существенные расходы на охрану труда позволяют обеспечивать низкий уровень профессиональных рисков.

В Республике Тыва (66), Карачаево-Черкесии (41), Республике Алтай (65) для снижения высокого уровня профессиональных рисков целесообразно увеличить расходы на охрану труда.

Наконец, в таких субъектах, как Республика Ингушетия (39), Северная Осетия – Алания (42), Чечня (43) низкий уровень профессиональных рисков достигается при невысоких расходах на охрану труда.

Таким образом, изучение показателей, характеризующих состояние системы управления охраной труда в Российской Федерации, с использованием факторного анализа выявил незначительную зависимость уровня профессиональных рисков от расходов на охрану труда. Наблюдается большой разброс соотношения уровня профессиональных рисков и затрат на охрану труда для разных субъектов Российской Федерации. Для более эффективного управления профессиональными рисками необходимо проводить системный мониторинг результативности СУОТ, определить требующие приоритетного внимания направления охраны труда, сформировать перечень мероприятий по повышению результативности СУОТ для каждого вида экономической деятельности с учетом региональных особенностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хоменко А.О. Актуальные вопросы применения риск-ориентированного подхода к охране труда. Социально-трудовые исследования. 2019. № 1 (34). С. 100-110.
2. Файнбург Г.З. Риск-ориентированный подход к управлению безопасностью и рисками. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Безопасность и управление рисками. 2016. № 5. С. 240-251.
3. Порошин А.А., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Динамическая модель оценки состояния системы управления охраной труда // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 6. – С. 28-33.
4. Условия труда: Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. URL: https://rosstat.gov.ru/working_conditions (дата обращения 24.09.2021).
5. Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Исследования социальных рисков последствий пожаров с использованием факторного анализа // Сибирский пожарно-спасательный вестник, 2019, №4. – С.43-48.
6. Порошин А.А., Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Изучение факторов, влияющих на формирование обстановки с пожарами в сельских поселениях субъектов Российской Федерации с использованием факторного анализа. // Безопасность техногенных и природных систем. 2018. – № 1-2. – С.69-85.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Цубер А.Ю., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Гидротехническое сооружение – это инженерное или естественное сооружение для использования водных ресурсов или для борьбы с разрушительным действием воды. Гидротехнические сооружения бывают общие и специальные. Общие применяются почти при всех видах использования вод: водоподпорные, водопроводящие, регуляционные, водозаборные и водосбросные [1].

Водоподпорные гидротехнические сооружения создают напор или разность уровней воды перед сооружением и за ним. К ним относятся: плотины и дамбы (или валы).

Плотины – важнейший и наиболее распространенный тип гидротехнических сооружений [2, 3]. Они перегораживают речные русла и создают разницу уровней по руслу реки. Перед плотиной вверх по водотоку накапливается вода и образуется искусственное или естественное водохранилище. Участок реки между двумя соседними плотинами на реке или участок канала между двумя шлюзами называется бьефом. Верхним бьефом плотины является часть реки выше подпорного сооружения, а часть реки ниже подпорного сооружения называется нижним бьефом. Водоохранилища могут быть долговременными или кратковременными. Долговременным искусственным водохранилищем является, например, водохранилище верхнего бьефа плотины гидроэлектростанции, оросительной системы. Долговременное естественное водохранилище может образоваться в результате перекрытия реки после такого чрезвычайного происшествия, как обвал твердых скальных пород. Кратковременные искусственные плотины создаются для временного изменения направления течения реки при строительстве ГЭС или другие гидротехнические сооружения. Кратковременные естественные плотины возникают в результате перекрытия реки рыхлым грунтом, снегом или льдом. Дамбы отгораживают прибрежную территорию и предотвращают ее затопление при паводках и половодье на реках, при приливах и штормах на морях и озерах.

Водопроводящие гидротехнические сооружения (водоводы) служат для переброски воды в заданные пункты: каналы, гидротехнические туннели, лотки, трубопроводы [4]. Некоторые из них, например, каналы, из-за природных условий их расположения, необходимости пересечения путей сообщения и обеспечения безопасности эксплуатации требуют устройства других гидротехнических сооружений, объединяемых в особую группу сооружений на каналах (акведуки, дюкеры, мосты, паромные переправы, ворота, водосбросы и др.).

Регуляционные (выправительные) гидротехнические сооружения предназначены для изменения и улучшения естественных условий протекания

водотоков и защиты русел и берегов рек от размывов, отложения наносов, воздействия льда и др. При регулировании рек используют запруды, струенаправляющие устройства (полузапруды, щиты, дамбы, ограждающие валы, траверсы, донные пороги и др.), берегоукрепительные сооружения, ледонаправляющие и ледозадерживающие сооружения [4].

Водозаборные (водоприемные) гидротехнические сооружения устраивают для забора воды из водоисточника и направления ее в водовод. Кроме обеспечения бесперебойного снабжения потребителей водой в нужном количестве и в требуемое время, они защищают водопроводящие сооружения от попадания льда, шуги, наносов и др. Водосбросные гидротехнические сооружения служат для пропускания излишков воды из водохранилищ, каналов, напорных бассейнов и пр. Они могут быть русловыми и береговыми, поверхностными и глубинными, позволяющими частично или полностью опорожнять водоемы. Для регулирования количества выпускаемой (сбрасываемой) воды водосбросные сооружения снабжают гидротехническими затворами. При небольших сбросах воды применяют также водосбросы-автоматы, автоматически включающиеся при подъеме уровня верхнего бьефа выше заданного. К ним относятся открытые водосливы (без затворов), водосбросы с автоматическими затворами, сифонные водосбросы [2-4].

Специальное гидротехническое сооружение возводится для какой-либо одной отрасли водного хозяйства [2, 6]. Для водного транспорта: судходный шлюз, судоподъемник, причал, плотход, лесоспуск (бревноспуск), маяк и др. сооружения по обстановке судового хода, различные портовые сооружения (молы, волноломы, пирсы, причалы, доки, эллинги, слипы и др.). Для гидроэнергетики: здание ГЭС, напорный бассейн и др. Для гидромелиорации: оросительный или осушительный (магистральный или распределительный) канал, дренаж, шлюз-регулятор на оросительной и осушительной системе, коллектор и др. Для водоснабжения и канализации: каптаж, насосная станция, водонапорная башня и резервуар, пруд-охладитель и др. Для рыбного хозяйства: рыбоход, рыбоподъемник, рыбоводный пруд и др. Для социального устройства: бассейны, аквапарки, фонтаны. Указанные гидротехнические сооружения, наряду с их прямым назначением, используются для [6]:

1. защиты от наводнений и разрушений берегов водохранилищ, берегов и дна русел рек;
2. ограждения хранилища жидких промышленных отходов (добывающих, металлургических, энергетических) и сельскохозяйственных предприятий;
3. предохранения от размывов на каналах;
4. предотвращения вредного воздействия вод и жидких отходов.

В ряде случаев общие и специальные гидротехнические сооружения совмещают в одном комплексе, например, водосброс и здание гидроэлектростанции (так называемая совмещенная ГЭС) или другие сооружения для выполнения нескольких функций одновременно. При осуществлении водохозяйственных мероприятий гидротехнические сооружения, объединенные общей целью и располагаемые в одном месте, составляют комплексы, называемые узлами гидротехнических сооружений или

гидроузлами. Несколько гидроузлов образуют водохозяйственные системы, например, энергетические, транспортные, ирригационные и т.п. В зависимости от места расположения гидротехнические сооружения могут быть морскими, речными, озерными, прудовыми. Различают также наземные и подземные гидротехнические сооружения [6].

Для анализа потенциальной опасности и капитальности гидротехнические сооружения как объекты гидротехнического строительства они делятся на 5 классов [4-6]. К 1-му классу относятся основные постоянные гидроэлектрические станции мощностью более 1 млн. кВт. Ко 2-му – сооружения ГЭС мощностью 301 тыс. – 1 млн. кВт, сооружения на сверхмагистральных внутренних водных путях (например, на Волге, Волго-Донском канале и др.) и сооружения речных портов с навигационным грузооборотом более 3 млн. условных тонн. К 3-му и 4-му классам – сооружения ГЭС мощностью 300 тыс. кВт и менее, сооружения на магистральных внутренних водных путях и путях местного значения, сооружения речных портов с грузооборотом 3 млн. условных т и менее. К 5-му классу относятся временные гидротехнические сооружения. Аварии на гидротехнических сооружениях многообразны. Наиболее опасные из них – гидродинамические аварии.

При разработке мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях в зависимости от класса их опасности в проектах назначают степень их надежности, т.е. запасы прочности и устойчивости, расчетные максимальные расходы воды, характеристики и качество стройматериалов и т.п. Кроме того, по классу опасности определяется объем и состав изыскательских, проектных, исследовательских и диагностических работ. Характерные особенности гидротехнических сооружений связаны с воздействием на него водного потока, льда, наносов и других факторов. Это воздействие может быть механическим (статические и гидродинамические нагрузки, суффозия грунтов и др.), физико-химическим (истирание поверхностей, коррозия металлов, выщелачивание бетона), биологическим (гниение деревянных конструкций, истачивание дерева живыми организмами и пр.). Условия возведения гидротехнических сооружений осложняются необходимостью пропуска через сооружения в период их постройки (обычно в течение нескольких лет) так называемых строительных расходов реки, льда, сплавляемого леса, судов и пр. Влияние гидротехнических сооружений, особенно водоподпорных, распространяется на обширную территорию, в пределах которой происходит затопление отдельных земельных площадей, подъем уровня грунтовых вод, обрушение берегов и т.п. Поэтому строительство таких сооружений требует высокого качества работ и обеспечения большой надежности и безопасности конструкций, т.к. аварии на гидротехнических сооружениях вызывают тяжелые последствия – человеческие жертвы и потери материальных ценностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/bk/dam-safety/classif.htm>. – Дата доступа: 03.12.2021.

2. Современные методы и технологии в гидротехнике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unesce.org/fileadmin/DAM/env/documents/2015/WAT.pdf>. – Дата доступа: 03.12.2021.
3. Гидротехнические сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lib.hydropower.ru/books/doc_00025222.pdf. – Дата доступа: 03.12.2021.
4. Гидротехнические сооружения. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/bk/dam-safety/files/99-lyarichev.pdf>. – Дата доступа: 03.12.2021.
5. Гидротехнические сооружения общего назначения. Строительные нормы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/W22136581p_1620853200.pdf. – Дата доступа: 03.12.2021.
6. Гражданская защита: Энциклопедия в 4 томах. Том I (А–И); под общей редакцией С.К. Шойгу; МЧС России. – М.: Московская типография № 2, 2006.

Секция 3

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ: ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ИННОВАЦИИ

МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Антошина Т.Н.

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы
МЧС России

Сложность и неопределенность внешней и внутренней среды привели к факторам, которые необходимо учитывать и изучать: неопределенности, неточности, недостаточные исследования, а также факторы, которые необходимо свести к минимуму и устранить: неполнота и неточность, приводящие к увеличению вероятности риска. Стремление описать процессы возникновения и минимизации влияющих факторов аналитическими методами является сложным, а иногда даже невозможно. Именно поэтому все чаще и чаще они обращаются к компьютерному моделированию для изучения процессов в различных сферах (техника, экономика, экология, социология).

Исследование сложных систем в настоящее время очень неоднозначно, так как оно обусловлено двумя разными подходами. Первый подход, связан с обобщенным рассмотрением разных систем, включая сложные системы. Во главе первого подхода стоят методы анализа систем. Сама по себе теория систем не носит название «сложных систем», а рассматривает разные системы на основе общего подхода к анализу. В своих работах Д.У.Гиббс представил концепцию о переходе системы из одного состояния в другое. Суть этой концепции в том, что при известных начальных условиях система проходит через все совместимые с ее ресурсами состояния, если время ее прохождения достаточно для этого [1]. Суть этой концепции приведена на рис.1

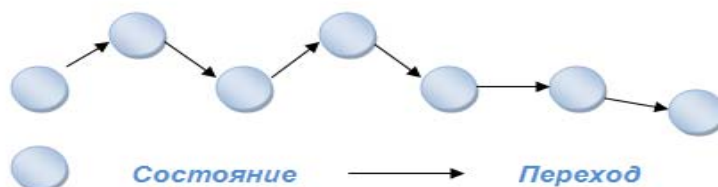


Рис. Концепция Гиббса о переходе системы из одного состояния в другое

Второй подход связан с рассмотрением сложных систем как особого вида систем, с признаками сложности и сложными отношениями [2].

Сложная система – система, состоящая из множества взаимодействующих составляющих (подсистем), вследствие чего сложная система приобретает новые свойства. Таким образом, если в системе можно выделить ряд входящих в нее составляющих (подсистем), ее можно назвать сложной. Заметим, что в соответствии с этим подходом практически любая техническая система может считаться сложной [3].

Техническая система – совокупность взаимосвязанных и (или) взаимодействующих элементов, способная самостоятельно в штатных условиях выполнять предусмотренные ее конструкцией потребительские функции в условиях экологического противодействия с необходимым качеством целевого функционирования [4].

Неотвратимое присутствие неопределенных параметров в критических приложениях оптимизации технологических процессов может привести к нежелательным или неосуществимым решениям. По этой причине оптимизация в условиях параметрической неопределенности была и остается основной областью исследований в области разработки технологических систем.

Моделирование технологических систем имитирует управляемую систему, которая может включать гидравлику, механику, электронику и почти все остальное, что может быть математически смоделировано. Путем калибровки модели с использованием данных, полученных из реальной среды, можно оптимизировать блок управления и протестировать функции с помощью моделирования. Этот метод позволяет комплексно решать проблемы, когда все проектные группы могут сосредоточиться на совместном поиске наилучшего возможного результата.

Многопараметрическое программирование – это стратегия, которая предлагает целостную перспективу для решения задач этого класса математического программирования [5].

В частности, теория многопараметрического программирования позволяет выводить оптимальное решение в зависимости от неопределенных параметров, явно выявляя влияние неопределенности на принятие оптимальных решений. Используя преимущества такой взаимосвязи, были достигнуты новые прорывы в решении сложных формулировок с неопределенностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.W Gibbs. Elementary principles in statistical mechanics, developed with especial reference to the rational foundation of thermodynamics // New York,– 1902 (Пер. на русск. язык: Дж. В. Гиббс. Основные принципы статистической механики, излагаемые со специальным применением к рациональному обоснованию термодинамики. – М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2002.).
2. Зеленский, В.А. Проектирование сложных систем [Электронный ресурс]: электрон, учеб. Пособие / В.А. Зеленский; Минобрнауки России. Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С.П.Королева (нац. исслед. ун-т). – Электрон, текстовые и граф. дан. (720 Кбайт). – Самара 2012, 1 эл. опт. диск (CD-RW).
3. Систематика сложных систем//Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. – №7 (79). Номер статьи: 7903. Дата публикации:2017-07-31. Режим доступа: <https://sovman.ru/article/7903/>.

4. Некрасов С.И., Некрасова Н.А. Философия науки и техники: тематический словарь. – Орёл: ОГУ. 2010.
5. Антошина Т.Н. Применение многопараметрической структуры в организации управления информационных систем и баз данных.// Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 3 (39). С. 4–7.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИТ-БАЗЫ ДАННЫХ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Антошина Т.Н., Кабанов А.А.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Успешные управленческие решения по модернизации информационных технологий (ИТ) часто в большей степени зависит от организационных методов управления и способности воспринимать изменения, чем от выбора и оперативного внедрения правильной технологии.

Устаревшие системы в области предупреждения и предотвращения чрезвычайных ситуаций требуют с большей степени полной модернизации, так как могут из-за громадного количества данных подвергнуться сбоям в любое время и вовремя не среагировать на чрезвычайную ситуацию.

На сегодняшний момент информационные технологии развиваются очень стремительно, и важно идти в ногу со временем. Это делается не только для того, чтобы преследовать следующую «блестящую новинку», но и для того, чтобы воспользоваться преимуществами улучшений безопасности, инструментов и производительности в области реагирования служб предупреждения и предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Информационные технологии – являются стратегическим фактором, способствующим всем мероприятиям по модернизации, таким как автоматизация процессов, инновации в методах и возможности управления информацией и данными [1].

База данных – это организованный набор данных, доступ к которым можно получить с помощью электронных средств [2].

Чтобы лучше понять, что такое базы данных, необходимо знать об архитектуре программного обеспечения. Наиболее распространенной архитектурой является 3-уровневая модель, состоящая из уровня представления, уровня логики и уровня данных (см. Рис.1) [3].

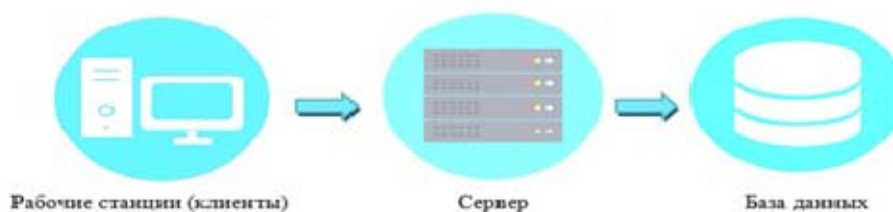


Рис. Архитектура программного обеспечения

Уровень представления – это пользовательский интерфейс, с помощью которого пользователи взаимодействуют с приложением.

Уровень логики – выполняет команды и выполняет вычисления с использованием данных.

Уровень данных – включает хранилище и базу данных, из которых уровень логики получает данные для обработки.

Модернизация IT-базы данных – это очень сложный и трудоемкий процесс. Сама система базы данных состоит из отдельных более простых подсистем (элементов). Поэтому, решая задачу модернизации систем управления базами данных в целом, при проектировании должна стоять задача многопараметрической оптимизации для отдельных ее элементов. При этом должна осуществляться регулировка (сбалансирование) всех элементов оптимальности подсистем в соответствии с их назначением и связями, существующими между подсистемами, в этом и заключается ряд сложностей при создании таких систем [4].

Не смотря на громадное количество используемых информационных технологий и систем в области реагирования служб предупреждения и предотвращения чрезвычайных ситуаций, стоит много не решенных вопросов в области модернизации всех программно-аппаратных и технических средств, таких как:

1. гибридные решения и устройства;
2. профессиональные приложения;
3. технические средства: устройства передачи данных, модули идентификации, радиоприемники.

На основании этого комплексная стратегия управления изменениями должна быть направлена и стать неотъемлемой частью любых усилий по модернизации не только IT-базы данных используемых для предупреждения чрезвычайных ситуаций, но и переходом общей культуры и видения любого плана модернизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антошина Т.Н., Кабанов А.А. Исследование принципов организации и функционирования распределенных информационных систем и баз данных в судебной экспертизе Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России № 1 2017 – С. 128-133
2. Антошина Т.Н., Александров Г.А. Основные структурные элементы баз, данных «Компьютерные технологии в экспертной деятельности»: Сб. статей. СПб университет ГПС МЧС России/Под науч. ред. А.А. Кабанова. СПб: СПб университет ГПС МЧС России, 2016. 33 с.
3. Антошина Т.Н. Разработка специализированных баз, данных со структурной адаптацией. Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). СПб: СПб университет ГПС МЧС России, 2020. № 2 (34). С. 42-45.
4. Антошина Т.Н. Применение многопараметрической структуры в организации управления информационных систем и баз данных. Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). СПб: СПб университет ГПС МЧС России 2021. № 3 (39). С. 2-6.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВНУТРЕННИМ ПРОТИВОПОЖАРНЫМ ВОДОПРОВОДОМ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ

Волошенко А.А., Сашина Е.А.

Академия ГПС МЧС России

В соответствии с требованиями ст. 60 [1] здания и сооружения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения лицами, уполномоченными владеть, пользоваться или распоряжаться зданиями и сооружениями. Для обеспечения безопасности здания необходимо выполнять требования по оснащению, оборудованию помещений здания средствами пожаротушения, используемые для борьбы с пожаром в начальной стадии его развития в виде пожарных кранов (ПК). ПК – это совокупность технических средств, состоящая из пожарного запорного клапана, установленного на отводе стояка или опуска, пожарного рукава (рукавной катушки) и ручного пожарного ствола.

Анализ требований по обеспечению первичными средствами пожаротушения (пожарный кран (ПК)) помещений зданий различных классов функциональной пожарной опасности для борьбы с пожаром и их применению в начальной стадии его развития по нормативному алгоритму (рисунок) выявил следующие проблемы [2, 3]:

- 1) отсутствует справочная информация о выборе типа пожарного ствола;
- 2) не учитывается геометрия (высота, ширина, длина) помещения, влияющая на выбор длины рукава; высоты и дальности полета струи с учетом диаметра spryska наконечника пожарного ствола и давления;
- 3) не учитывает расчетные оценки для безопасного и эффективного применения пожарных стволов от пожарных кранов работниками организаций, личным составом подразделений пожарной охраны и иными лицами, с учетом возможной обстановки к моменту введения средств пожаротушения.

Анализ применения методик [4, 5] для расчетной оценке применения пожарных стволов от пожарных кранов выявил следующие проблемы:

- 1) методики, с учетом справочной информации, указанной в различных источниках, затрудняют их практическое применение;
- 2) при оценке эффективного применения пожарных стволов необходимо установить:
 - место расположения очага пожара;
 - размер очага пожара с учетом геометрии помещений здания.
- 3) при оценке безопасного применения пожарных стволов необходимо установить:
 - расстояние от возможного очага пожара до места размещения пожарного крана и лиц, участвующих в тушении пожара.



Рис. Алгоритм нормативного устройства внутреннего противопожарного водопровода (ПК) в помещениях здания

Таким образом, для устройства внутреннего противопожарного водопровода и определения конкретных мест размещения пожарных кранов необходимо разработать информационно-аналитическую оценку по обеспечению помещений здания различных классов функциональной пожарной опасности пожарными кранами.

Разработанная методика по оснащению первичными средствами пожаротушения (передвижной огнетушитель) помещений здания в начальной стадии пожара направлена на установление минимального количества передвижных огнетушителей, а также их эффективность и безопасность использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 10.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности (с Изменением №1).

3. ГОСТ Р 53331-2009 Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний (Переиздание).
4. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.:ил.
5. Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.: Термодинамика и теплопередача в пожарном деле. Учебник, ВИПТШ МВД СССР, 1987 г. – 444 с.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЯХ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Грачулин А.В., Винярский Г.В., Гусаров И.С.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Модель смешанной (гибридной) реальности, или «виртуального континуума», впервые описана в 1994 году [0]. Смешанная реальность определена как система, в которой объекты реального и виртуального миров сосуществуют и взаимодействуют в реальном времени, в рамках «виртуального континуума». Промежуточными звеньями в этой модели являются дополненная реальность и дополненная виртуальность. Дополненная реальность ближе к реальному миру, а дополненная виртуальность – ближе к виртуальному.

Авторы модели выделили ее основные элементы [0]:

- 1) полная реальность – привычный мир, который нас окружает;
- 2) виртуальная реальность – цифровой мир, полностью созданный с помощью современных компьютерных технологий;
- 3) дополненная реальность – реальный мир, который «дополняется» виртуальными элементами и сенсорными данными;
- 4) дополненная виртуальность – виртуальный мир, который «дополняется» физическими элементами реального мира.

В основном рассматриваются, прежде всего, дополненная реальность и виртуальная реальность. Принципиальное различие между ними состоит в том, что виртуальная реальность конструирует полностью цифровой мир, полностью ограничивая доступ пользователя к реальному миру, а дополненная реальность лишь добавляет элементы цифрового мира в реальный, видоизменяя пространство вокруг пользователя [0].

В виртуальной реальности среда создается посредством комплексного воздействия на его восприятие с использованием шлемов виртуальной реальности или иных технических средств, которые динамически обновляют видимое пользователем пространство [0].

В человеческом мозге нейроны реагируют на виртуальные элементы так же, как и на элементы реального мира. Поэтому человек воспринимает виртуальную среду и реагирует на происходящие внутри виртуального мира события точно так же, как на имеющие место в реальности [0].

Принято считать, что развитие виртуальной реальности началось в 50-е годы прошлого века. В 1961 году компания Philco Corporation разработала

первые шлемы виртуальной реальности Headsight для военных целей, и это стало первым применением технологии в реальной жизни. В шлеме использовались небольшие экраны с катодной трубкой, по одному для каждого глаза, и магнитные датчики для определения положения головы. Целью проекта было наблюдение за условиями в другой комнате, перемещая удаленно расположенную камеру, передвигая головой. Но опираясь на сегодняшнюю классификацию, систему Headsight все же следует отнести к технологиям дополненной реальности.

Отцом виртуальной реальности по праву считается М. Хейлиг. В 1962 году он запатентовал первый в мире виртуальный симулятор под названием Sensorama [0]. Аппарат представлял собой громоздкое устройство, способное осуществлять погружение в виртуальную реальность с помощью трехмерной пленки, визуальных стимулов, вибраций, звуков, ветра и даже запахов.

Через несколько лет после М. Хейлига похожее устройство представили А. Сазерленд и Б. Спраулл. Это была первая система виртуальной реальности на основе головного дисплея под названием The Sword of Damocles (рис. 1.4). Очки крепились к потолку и через ЭВМ транслировалась картинка. Несмотря на столь громоздкое изобретение, технологией заинтересовались Центральное разведывательное управление США (ЦРУ) и Национальное управление по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА).

В 80-е годы компания VPL Research разработала более современное оборудование для виртуальной реальности – очки EyePhone и перчатку DataGlove. Компанию создал Дж. Ланье – талантливый изобретатель, поступивший в университет в 13 лет. Именно он придумал термин «виртуальная реальность».

Дополненная реальность шла рука об руку с виртуальной вплоть до 1990 года, когда ученый Т. Коделл впервые предложил термин «дополненная реальность». В 1992 году Л. Розенберг разработал одну из самых ранних функционирующих систем дополненной реальности для Военно-воздушных сил Соединенных Штатов Америки. Экзоскелет Л. Розенберга позволял военным виртуально управлять машинами, находясь в удаленном центре управления (рис. 1.6). А в 1994 году Ж. Мартин создала первую дополненную реальность в театре под названием «Танцы в киберпространстве» – постановку, в которой акробаты танцевали в виртуальном пространстве.

В 90-х годах были и другие интересные открытия, например, австралийка Дж. Мартин соединила виртуальную реальность с телевидением. Тогда же начались разработки игровых платформ с использованием технологий виртуальной реальности. В 1993 году компания Sega разработала консоль Genesis. На демонстрациях и предварительных показах, однако, все и закончилось. Игры с Sega виртуальной реальности сопровождали головные боли и тошнота и устройство никогда не вышло в продажу. Высокая стоимость девайсов, скудное техническое оснащение и побочные эффекты вынудили людей на время забыть о технологиях виртуальной и дополнительной реальности.

В 2000 году благодаря дополнению с технологиями дополнительной реальности в игре Quake появилась возможность преследовать чудовищ по

настоящим улицам. Однако, играть можно было лишь вооружившись виртуальным шлемом с датчиками и камерами, что не способствовало популярности игры, но стало предпосылкой для появления известной ныне Pokemon Go.

Настоящий бум начался только в 2012 году. Стартап Oculus запустил кампанию по сбору средств на выпуск шлема виртуальной реальности. Спустя три с половиной года начались продажи первого серийного потребительского шлема виртуальной реальности Oculus Rift CV1, что стало символическим началом бума технологий виртуальной реальности и взрывного роста инвестиций в данную отрасль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Milgram, P. A taxonomy of mixed reality visual displays / P. Milgram, F. Kishino // IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems. – 1994. – Vol. E77-D, No. 12. – P. 1321–1329.
2. Иванова, А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения/ А.В. Иванова// Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 3. – С. 88–107. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-88-107.
3. LaValle, S.M. Virtual reality / S.M. LaValle // University of Illinois. – Cambridge: Cambridge University Press, 2016. – 418 p.
4. Sensorama simulator [Electronic resource]: pat. US 3050870 A/M.L. Heilig. – Publ. date 28.08.1979. - Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US3050870A/en>. – Date of access: 19.06.2021.
5. Maples-Keller, J.L. The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders / J.L. Maples-Keller, B.E. Bunnell, S.Kim, B.O. Rothbaum // Harvard Review of Psychiatry. – 2017. – Vol. 25, Iss. 3. – P. 103–113. DOI: 10.1097/HRP.000000000000138.

ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Грачулин А.В., Винярский Г.В., Гусаров И.С.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Актуальность выполнения тренажера с имитацией эффектов физических воздействий в условиях виртуальной реальности обусловлена быстрым развитием технологий виртуальной и дополненной реальности и их активным применением в образовании и во всех областях инженерии и технологии.

Виртуальная реальность – это искусственный мир, созданный техническими средствами, взаимодействующий с человеком через его органы чувств. Использование виртуальной реальности охватывает собой целый ряд задач при создании реалистичных тренажеров для подготовки специалистов

в областях, где тренировки на реальных объектах связаны с неоправданно большими рисками, либо требуют значительных финансовых затрат. Так, например, технологии виртуальной реальности незаменимы при подготовке спасателей, пилотов, инженеров, архитекторов и других узконаправленных специалистов.

Дополненной реальностью можно назвать неполное погружение человека в виртуальный мир, когда на реальную картину мира накладывается дополнительная информация в виде виртуальных объектов. В современном мире дополненная реальность может стать хорошим помощником как в повседневной жизни, так и в профессиональной деятельности.

В последние годы технологии виртуальной и дополненной реальности переживают свое второе рождение. Стремительно расширяющийся рынок устройств виртуальной и дополненной реальности, а также специализированного программного обеспечения открывает новые возможности, в том числе в образовательной сфере. По этой причине насущной задачей является адаптация технологий виртуальной и дополненной реальности под конкретные направления деятельности, в частности для использования в образовательном процессе при подготовке специалистов аварийно-спасательных служб.

Виртуальная реальность – отрасль, в которой инфраструктура и технологии развиваются параллельно с развитием контента. Поэтому можно обозначить несколько основных направлений развития отрасли, в зависимости от контента и сферы применения:

- 1) игровая индустрия;
- 2) кинематограф;
- 3) спортивные трансляции и шоу;
- 4) социальные сети;
- 5) маркетинговая индустрия;
- 6) образование;
- 7) медицина;
- 8) торговля и недвижимость;
- 9) промышленность, в частности военная.

Разработки технологий дополненной и виртуальной реальности начались в первую очередь для применения их в военных целях. На данный момент данные технологии начинают активно применяться не только в военном деле, но и в других областях. Например, исследована эффективность современных методов виртуальной реальности для лечения психических заболеваний, в частности тревожных неврозов и фобий. Разработан метод лечения депрессии с помощью виртуальной реальности, также экспериментально подтверждена его эффективность.

Понятия и концепции виртуальной и дополненной реальности не претерпели радикальных изменений за последние 30 лет, однако сами технологии идут большими шагами вперед. Технологии дополненной и виртуальной реальности прошли значительный эволюционный путь как в плане совершенствования аппаратно-программного обеспечения, так и контента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Milgram, P.A taxonomy of mixed reality visual displays / P. Milgram, F. Kishino // IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems. – 1994. – Vol. E77-D, No. 12. – P. 1321–1329.
2. Иванова, А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения/ А.В. Иванова// Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2018. – № 3.– С. 88–107. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-88-107.
3. LaValle, S.M. Virtual reality / S.M. LaValle // University of Illinois. – Cambridge: Cambridge University Press, 2016. – 418 p.
4. Sensorama simulator [Electronic resource]: pat. US 3050870 A/M. L. Heilig. – Publ. date 28.08.1979. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US3050870A/en>. – Date of access: 19.06.2021.
5. Maples-Keller, J.L. The use of virtual reality technology in the treatment of anxiety and other psychiatric disorders / J.L. Maples-Keller, B.E. Bunnell, S. Kim, B.O. Rothbaum // Harvard Review of Psychiatry. – 2017. – Vol. 25, Iss. 3. – P. 103–113. DOI: 10.1097/HRP.000000000000138.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ КОМПРЕССИОННОЙ ПЕНОЙ

Грачулин А.В., Шинкоренко К.Е.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В современной практике пожаротушения можно выделить традиционные технологии тушения пожаров воздушно-механической пеной низкой кратности, в которых к соответствующим пеногенерирующим устройствам по рукавным линиям или трубопроводам подводится раствор пенообразователя, а генерирование пены происходит непосредственно в этих устройствах. Это обуславливает необходимость соблюдения в каждой из технологий пожаротушения жестких условий (давление и расход раствора пенообразователя и его концентрация) для обеспечения требуемого режима работы пеногенерирующих устройств, что позволяет обеспечить обусловленные техническими характеристиками параметры подачи воздушно-механической пены: кратность, расход, дальность подачи. В свою очередь это приводит к завышению параметров работы пожарных насосов и количества расходуемого на тушение пенообразователя. Помимо того, пеногенерирующие устройства обладают фиксированными техническими характеристиками, что ограничивает область их применения. Подобные недостатки отсутствуют в альтернативных технологиях тушения пожаров воздушно-механической пеной низкой кратности [1].

В настоящее время одной из альтернативных и перспективных технологий тушения пожаров воздушно-механическими пенами низкой

кратности является использование систем подачи компрессионной пены. Такая пена формируется вследствие принудительного введения воздуха (инертного газа) под давлением в поток раствора пенообразователя. Таким образом, по рукавным линиям (трубопроводам) к пожарным стволам (оросителям) двигается не раствор пенообразователя, а смешанные между собой вода, воздух и пенообразователь. Данная технология получила широкое распространение в практике пожаротушения, в том числе среди автоматических установок пожаротушения.

В качестве примера автоматической установки пожаротушения компрессионной пеной можно рассмотреть оборудование «Smart Foam» группы компаний «СТАЛТ» (Российская Федерация) (рисунок 1), в состав которого входят оросители, осуществляющие распределение компрессионной пены по защищаемой зоне, станция пожаротушения, состоящая из пеногенерирующего устройства, баллонов для сжатого воздуха и бака для пенообразователя. При необходимости могут применяться распределительные устройства, предназначенные для подачи компрессионной пены в определенный питающий трубопровод [2].



1 – пеногенерирующее устройство; 2 – баллоны со сжатым воздухом;
3 – бак для пенообразователя

Рис. 1. Оборудование «Smart Foam» группы компаний «СТАЛТ»

Основным элементом является пеногенерирующее устройство, которое обеспечивает формирование компрессионной пены путем одновременного смешивания под давлением воды, пенообразователя и сжатого воздуха (или азота). Запас воздуха хранится в баллонах высокого давления и подается через редуктор. Пенообразователь и вода хранятся в специальных баках из нержавеющей стали. Компрессионная пена формируется непосредственно в пеногенерирующем устройстве, находящемся в станции пожаротушения, что обуславливает движение по системе трубопроводов к оросителям, расположенным в защищаемой зоне, не раствора пенообразователя, а компрессионной пены (рис. 2).

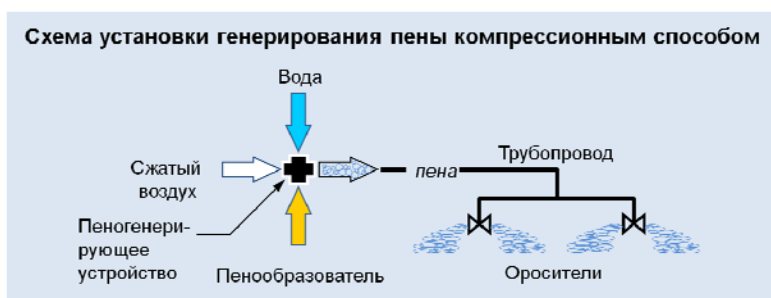


Рис. 2. Общая схема автоматической установки пожаротушения компрессионной пеной

В автоматической установке пожаротушения компрессионной пеной применяются ротационные (вращающиеся под действием реактивной силы пенной струи) и осциллирующие (совершают возвратно-поворотные движения выходного патрубка в заданном секторе за счет кинетической энергии проходящего через него огнетушащего состава) оросители (рисунок 3).



а – ротационный ороситель; *б* – осциллирующий ороситель

Рисунок 3. Оросители автоматической установки пожаротушения компрессионной пеной [4]

Рассматриваемая установка применяется для тушения пожаров классов А и В по ГОСТ 27331-87, особенно эффективна для тушения разливов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, в том числе на поверхностях сложной формы, в многоуровневых зонах [2].

Типовые объекты для применения установки:

- зоны хранения и переработки углеводородов и полярных жидкостей;
- насосные;
- машинные отделения;
- газовые и дизельные машинные залы;
- зоны заправки;
- маслонаполненные системы, трансформаторы;
- резервуары;
- авиационные ангары и площадки;
- сливо-наливные эстакады [2].

В соответствии с предоставляемой производителем информацией автоматические установки пожаротушения компрессионной пеной обладают следующими преимуществами [2]:

уменьшенный в 3-7 раз расход воды и пенообразователя в сравнении с традиционными установками;

уменьшение времени тушения пожара в 2-3 раза, благодаря высокой эффективности компрессионной пены;

компрессионная пена образует плотный барьер, эффективно препятствует доступу кислорода к очагу пожара и обеспечивает экранирование тепловой энергии, так как обладает повышенной адгезией и прочностью;

высокая кинетическая энергия пенной струи ввиду расширения сжатого газа на выходе из оросителя позволяет подавать пену на значительные расстояния и равномерно орошать соизмеримую площадь;

технология позволяет построить полностью энергонезависимую установку, обеспечивающую тушение пожара в течение расчетного времени при отсутствии напряжения в первичных сетях электропитания.

В таблице 1 приведены основные характеристики автоматической установки пожаротушения компрессионной пеной.

Таблица. Основные характеристики автоматической установки пожаротушения компрессионной пеной [2].

Наименование показателя	Значение
Требуемое давление воды на вводе, МПа	0,345 - 1,2
Расход воды, л/с	от 0,75 до 24
Кратность формируемой воздушно-механической пены	10
Тип пенообразователя	AFFF
Рабочее давление воздуха в установке, МПа	0,7
Тип газа в баллонах	Азот или сжатый воздух
Диапазон рабочих температур, °С	от +5 до +50

Основными недостатками автоматических установок пожаротушения компрессионной пеной является высокая стоимость проектирования, монтажа, эксплуатации и обслуживания, а также нехватка информации, касающейся методов применения установок для тушения пожаров. Данный факт не позволяет в полной мере раскрыть преимущества рассматриваемых установок и использовать их пожарными подразделениями максимально эффективно.

Очевидные преимущества систем подачи компрессионной пены по сравнению с традиционными технологиями тушения пожаров воздушно-механическими пенами низкой кратности указывают на необходимость внедрения данных систем в практику пожаротушения в Республике Беларусь. Вместе с тем, высокая стоимость иностранных систем подачи компрессионной пены требует разработки отечественных аналогов, а также усовершенствование существующих методик гидравлического расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камлюк, А.Н. Компрессионная пена для нужд пожарных подразделений : монография / А.Н. Камлюк, А.В. Грачулин. – Минск : УГЗ, 2019. – 224 с.
2. Каталог группы компаний «СТАЛТ» (Российская Федерация) [Электронный ресурс] / «СТАЛТ». – Режим доступа : <http://www.stalt.ru>. – Дата доступа : 30.11.2021.

ОСОБЕННОСТИ СХЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Гудков А.А., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Задачей системы водоснабжения промышленного предприятия является обеспечение его водой для производственных, хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд.

Если при промышленном предприятии имеется рабочий поселок или несколько предприятий, расположенных близко друг к другу, то, как правило, они обслуживаются одной системой хозяйственно-противопожарного водоснабжения.

На промышленных предприятиях возможно применение следующих основных схем производственного водоснабжения [1]:

- 1) прямоточной;
- 2) оборотной с охлаждением воды в градирнях, брызгальных бассейнах, прудах-охладителях;
- 3) с последовательным использованием воды.

При прямоточном водоснабжении насосная станция, расположенная вблизи водозаборного сооружения, подает воду для производственных целей в цехи по сети. Отработанная вода поступает по канализационной сети в тот же водоем без очистки (если она не загрязнена) или при необходимости после очистки ее в очистных сооружениях. Для хозяйственно-противопожарных нужд поселка и цехов предприятия вода подается в самостоятельную сеть специальными насосами. Предварительно вода очищается в очистных сооружениях [2, 3].

При оборотном водоснабжении использованная потребителем вода не сбрасывается в водоем, как при прямоточном водоснабжении, а вновь подается потребителям после обработки. Для пополнения потерь воды в оборотный цикл добавляют свежую воду из источника. Оборотное водоснабжение экономически выгодно, когда промышленное предприятие расположено на значительном расстоянии от источника водоснабжения или на значительном возвышении по отношению к нему [3].

При последовательном водоснабжении вода, использованная одним потребителем, может быть использована во втором, а иногда и в третьем технологическом цикле промышленного предприятия. Вода, прошедшая несколько циклов, сбрасывается затем в канализационную сеть для обработки в очистных сооружениях [3-5].

Последовательное водоснабжение занимает промежуточное положение между прямоточным и оборотным. Так, количество воды, забираемой из источника, при последовательном водоснабжении меньше, чем при прямоточном, но больше, чем при оборотном.

На одном и том же предприятии могут быть различные системы, обслуживающие разные цеха. Система производственного водопровода в целом для всего предприятия в большинстве случаев бывает смешанной.

Противопожарный водопровод объединяется, как правило, с хозяйственно-питьевым, так как хозяйственно-питьевой водопровод охватывает всех потребителей, наиболее разветвлен, имеет наибольшую протяженность и к нему предъявляются менее жесткие требования по поддержанию постоянного напора, чем в производственной сети.

На промышленных объектах водопроводы противопожарного назначения могут устраиваться как низкого, так и высокого давления. Противопожарные водопроводы низкого давления можно устраивать только при наличии непосредственно на объекте или в радиусе 3 км от него пожарного депо, дежурные подразделения которого могут подать с учетом наличной пожарной техники огнетушащие средства с необходимым для целей тушения пожара расходом [4,5].

В тех случаях, когда пожарное депо удалено от объекта на расстояние более 3 км или производительность средств тушения пожара недостаточна, необходимо предусматривать противопожарные водопроводы высокого давления. Однако и в тех случаях, когда пожарное депо располагается ближе 3 км, как правило, по причине повышенной пожарной опасности объекта рекомендуется устраивать противопожарные водопроводы высокого давления.

Часто противопожарные водопроводы высокого давления устраиваются самостоятельными. Особенно целесообразно устройство отдельных противопожарных водопроводов при наличии поблизости поверхностного водоисточника, так как для целей пожаротушения можно использовать воду без очистки [5].

Для нужд пожаротушения могут быть использованы также пруды-охладители, брызгальные бассейны и градирни, вода в которых не замерзает даже при низкой температуре. В этом случае необходимо предусматривать подъезды для забора воды передвижными насосами, однако следует помнить, что при заборе подогретой воды центробежными насосами уменьшается высота всасывания, а при температуре 60 °С и выше забор воды практически становится невозможным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/689535/bzhd/osobennosti_shem_protivopozharnogo_vodosnabzheniya_promyshlennyyh_predpriyatiy. – Дата доступа: 03.12.2021;
2. Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/689535/bzhd/osobennosti_shem_protivopozharnogo_vodosnabzheniya_promyshlennyyh_predpriyatiy. – Дата доступа: 03.12.2021;
3. Особенности схем противопожарного водоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/12/4613.html>. – Дата доступа: 03.12.2021;
4. Промышленное водоснабжение предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otopimdom.ru/promishlennoe-vodosnabzhenie-predpriyatij/>. – Дата доступа: 03.12.2021;

5. Противопожарное водоснабжение промышленных предприятий. Кузнецова В.А. 1975 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://books.totalarch.com/fire-fighting-water-supply-of-industrial-enterprises>. – Дата доступа: 03.12.2021.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПАСАТЕЛЕЙ-ПОЖАРНЫХ

Гусаров И.С., Грачулин А.В., Лихоманов А.О.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Одной из важнейших составляющих подготовки спасателей-пожарных является формирование умений и навыков принятия решений в условиях нестандартных чрезвычайных ситуаций, при проведении аварийно-спасательных работ и тушения пожаров на объектах, имеющих сложную планировку, а также эксплуатирующих опасное производственное оборудование, неисправности которого, в случае аварии (пожара, землетрясения и т.п.), могут привести к тяжелым последствиям.

На текущий момент в условиях даже самых технологически развитых учебных полигонных баз трудно выполнимы следующие задачи [1]: - создание и размещение широкого перечня объектов различного функционального назначения (жилого, производственного, социально-бытового и др.) для отработки действий по проведению аварийно-спасательных работ и пожаротушения с учетом особенностей объекта; – реализация различных сценариев развития пожара и иных чрезвычайных ситуаций для выработки оптимального алгоритма их ликвидации; – возможность многократной отработки навыков взаимодействия между пожарно-спасательными подразделениями, принятия управленческих решений и руководства пожарно-спасательным подразделением при различных сценариях развития пожаров и иных чрезвычайных ситуаций; – погружение обучающегося или группы обучающихся в условия профессиональных стрессовых ситуаций для выработки психологической устойчивости к их воздействию, а также механизмов их преодоления; – организация совместной подготовки спасателей-пожарных в удаленном режиме; – организация регулярных пожарно-тактических учений по ликвидации сложных пожаров и иных чрезвычайных ситуаций с привлечением различных структур, входящих в состав единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций государства.

Для повышения уровня профессиональной готовности спасателей-пожарных и решения вышеперечисленных задач наибольший интерес представляет иммерсивная форма подготовки, реализуемая посредством технологий виртуальной и дополненной реальности. Разработкой программно-аппаратных комплексов виртуальной и дополненной реальности для обучения действиям в чрезвычайных ситуациях, в частности при возникновении пожаров, занимается широкий ряд компаний и организаций. Например,

учеными Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России [2] совместно с ЗАО «Институт телекоммуникаций» (г. Санкт-Петербург, Россия) разработан многофункциональный виртуальный тренажерный комплекс «ОГНЕБОРЕЦ-ИТ» (рис. 1) [3], позволяющий моделировать профессиональную среду и организовывать в ней практическую подготовку обучающихся по тушению пожаров как индивидуально, так и совместными действиями групп обучающихся с возможностью имитации проблемных ситуаций на виртуальных объектах жилого, социально-бытового, промышленного, транспортного и иных функциональных назначений. В состав тренажера входят системное и прикладное программное обеспечение, базовые объекты, модели и сценарии распространения на них пожаров, система оценивания выполняемых обучаемыми задач [2].

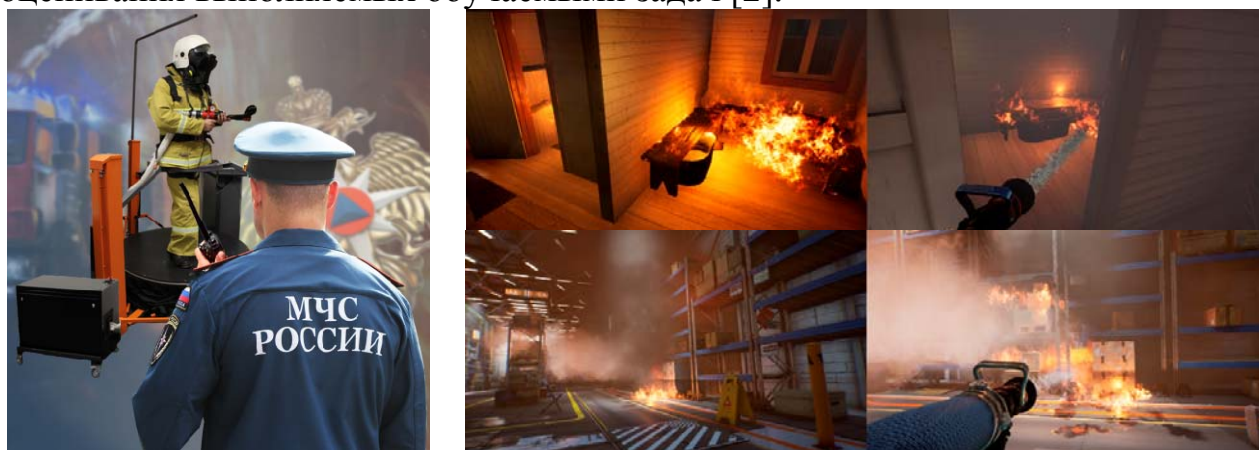


Рис. 1. Комплексный тренажер на основе технологии виртуальной реальности для подготовки спасателей-пожарных [3]

В 2019 году холдингом «Росэлектроника» госкорпорации Ростех представлен комплексный тренажер на основе технологии виртуальной реальности для обучения сотрудников противопожарных и саперных служб, специалистов МЧС, работающих в условиях чрезвычайных ситуаций [4] (рис. 2). Симулятор для тренировки пожарных моделирует возгорания различной сложности. Программное обеспечение позволяет воссоздать в виртуальной среде конкретную ситуацию и отработать алгоритмы ее разрешения в приближенной к реальности обстановке. Для полного погружения в виртуальную реальность и обучения сложным моторным навыкам тренажер может быть интегрирован с «умным» костюмом с обратной тактильной связью. Электромагнитные импульсы, передающиеся от костюма человеку, имитируют различные тактильные ощущения, например, жары, ударов, отдачи от огнестрельного оружия.

Разработкой программно-аппаратных комплексов виртуальной и дополненной реальности для обучения населения действиям в чрезвычайных ситуациях, в частности при пожарах, занимается широкий ряд компаний дальнего зарубежья. Большинство из них сосредоточено на обучении гражданского населения и рабочих на производственных объектах, не имеющих специального высшего образования по специальностям

предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. В рамках программных комплексов в основном предусматриваются сценарии с возникновением пожара на объекте и необходимостью выполнить определенный порядок действий, включающий активацию системы пожарной сигнализации и оповещения с помощью ручных пожарных извещателей, поиск огнетушителя и выбор его типа в зависимости от пожарной нагрузки, приведение огнетушителя в готовность и непосредственно тушение очага пожара. Примером может являться разработка британской компании Luminous (рис. 3) [5] для проведения тренингов по пожарной безопасности.



Рис. 2. Комплексный тренажер на основе технологии виртуальной реальности для подготовки спасателей-пожарных [4]

Используя гарнитуру виртуальной реальности, обучающиеся могут передвигаться по детально нарисованному в виртуальной среде зданию, применяя различное пожарное оборудование для тушения очагов пожара и продвижения к эвакуационным выходам. При этом они могут видеть последствия как правильных действий, так и результат совершения ошибок, например, возникновение взрыва при использовании воды для тушения растительного масла [5].

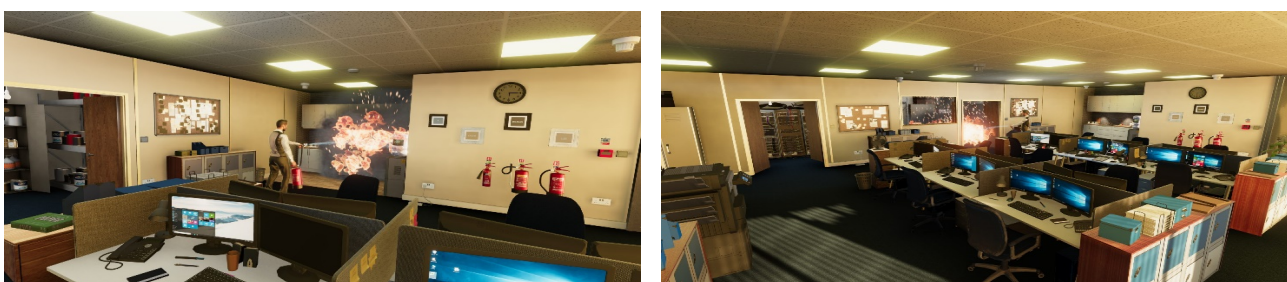


Рис. 3. Технология виртуальной реальности для обучения действия в случае в возникновения пожаров в зданиях от компании Luminous [5]

Похожая разработка под названием SIMSAFE имеется и у американской компании Gravity Jack (рис. 4) [6]. Данный тренировочный комплекс, построенный на базе гарнитуры виртуальной реальности VIVE Focus Pro Plus, позволяет погрузиться в реалистичную трехмерную виртуальную среду и бороться с пожаром, например, возникшим при возгорании плиты для приготовления пищи или мусорного ведра. SIMSAFE каждый раз подбирает

случайный сценарий развития пожара, что позволяет держать обучающихся в состоянии полной концентрации на протяжении всего учебного занятия. После прохождения сценария, появляется экран с результатом, где дается подробная информация о том, насколько хорошо обучающийся справился с задачей.

Также на рынке имеется уникальная разработка под названием Flaim Training (США) – симулятор для обучения спасателей-пожарных (рис. 5) [7]. По сути является аналогом российской разработки «ОГНЕБОРЕЦ-ИТ». Симулятор обеспечивает иммерсивную среду виртуальной реальности в сочетании с системой тактильной обратной связи, дыхательным аппаратом и индивидуальной защитной одеждой с подогревом. Симулятор позволяет оттачивать навыки тушения пожаров различной сложности на объектах широкого спектра назначения.



Рис. 4. Технология виртуальной реальности для обучения действиям в случае возникновения пожаров в зданиях SIMSAFE [6]

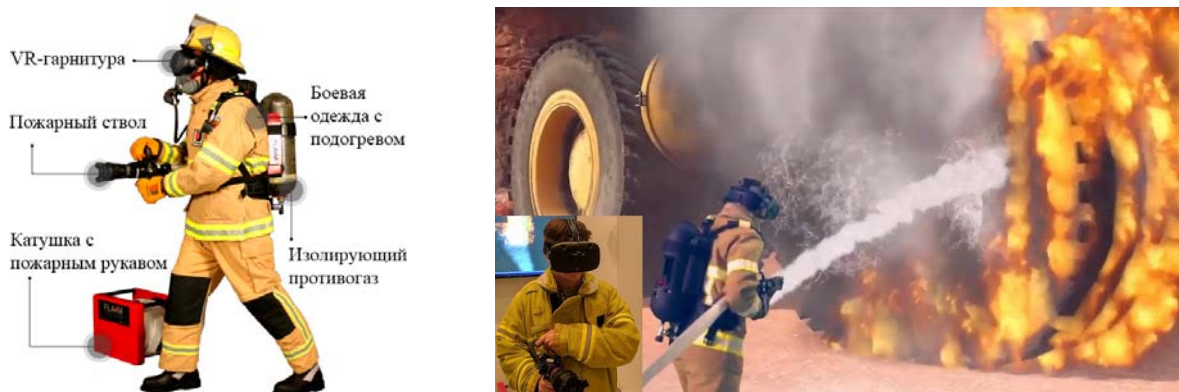


Рис. 5. Симулятор для обучения спасателей-пожарных Flaim Training (США) [7].

На основе анализа эффективности применения технологий виртуальной и дополненной реальности в подготовке спасателей-пожарных можно выделить ряд основных преимуществ над традиционными способами обучения:

- формирование психологической устойчивости обучающихся при воздействии на них опасных факторов чрезвычайных ситуаций различного характера;
- возможность многократного прохождения сценариев развития чрезвычайных ситуаций, что в свою очередь позволяет вырабатывать наиболее эффективные методы и способы их ликвидации;

- низкая вероятность получения повреждений и травм, которые могут быть получены на реальных объектах при воздействии опасных факторов пожара либо при ошибочных действиях обучающегося;

- увеличенная степень вовлеченности в процесс обучения за счет применения игровых форм обучения в виртуальной среде; – повышенная рентабельности обучения.

Следует отметить, что в настоящее время в учреждениях образования Беларуси задача разработки тренажеров с применением виртуальной и дополненной реальности для подготовки специалистов аварийно-спасательных служб не решена. По этой причине, выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в данном направлении имеет высокую актуальность и практическую значимость, так как результаты данных исследований позволят поднять уровень и качество подготовки спасателей-пожарных в Беларуси на более высокую ступень, а также повысить статус учреждений образования страны, в частности Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, и закрепиться на международной арене в области предоставления образовательных услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булгаков, В.В. Иммерсивная форма подготовки: актуальность и перспективы внедрения в образовательный процесс вузов МЧС России / В.В.Булгаков // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». – 2020. – Т. 54, № 1. – 68-78. DOI: 10.25688/2072-9014.2020.54.4.07.
2. Малый, И.А. Применение цифровых технологий для подготовки курсантов в области пожаротушения / И.А. Малый [и др.] // Educational Resources. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 51–59.
3. Виртуальный тренажерный комплекс «ОГНЕБОРЕЦ-ИТ» [Электронный ресурс] / ЗАО «Институт телекоммуникаций». – Режим доступа: <https://itain.ru/produkty/kartograficheskoe-obespechenie/136-mnogofunktionalnyj-virtualnyj-trenazhernyj-kompleks-ogneborets-it>. – Дата доступа: 14.12.2021.
4. Представление комплексного тренажера на основе технологии виртуальной реальности [Электронный ресурс] / TAdvisor – портал выбора технологий и поставщиков. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/a/462739>. – Дата доступа: 14.12.2021.
5. VR fire safety training [Электронный ресурс] / Luminous Group. – Режим доступа: <https://www.luminousgroup.co.uk/project/premier-partnership-vr-fire-training/>. – Дата доступа: 14.12.2021.
6. Safety training meets virtual reality [Электронный ресурс] / Gravity Jack. – Режим доступа: <https://gravityjack.com/simsafe-vr-training/>. – Дата доступа: 14.12.2021.
7. FLAIM Trainer, the world's first immersive technology enabled firefighter training solution [Электронный ресурс] / Flaim. – Режим доступа: <https://flaimsystems.com/products/trainer>. – Дата доступа: 14.12.2021.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

Гутько Н.А., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Использование робототехнических средств (РТС) при тушении пожаров связано с необходимостью повышения тактико-технических возможностей ПАСП. Особенно это важно для формирований, работающих в зоне повышенного воздействия опасных факторов пожара (ОФП), которые приводят к травмированию людей. Применение РТС позволяет повысить уровень защиты от ОФП, расширить возможности тактического маневрирования пожарных подразделений и ориентирования на местности в условиях задымления, загазованности, а также тепловых воздействий. РТС в будущем могут заменить человека на пожаре и незащищенную пожарную технику в случаях, когда выполнение оперативных задач сопряжено с чрезмерной угрозой жизни и здоровью людей [1, 2].

Пожарные роботы относятся к автоматическим установкам пожаротушения (АУП) и считаются одним из самых надежных средств борьбы с пожарами, они приводятся в действие по объективным показателям и обеспечивают оперативное тушение очага возгорания в его начальной стадии без участия человека. РТС включает в себя устройство обнаружения загорания и устройство программного управления. Он предназначен для тушения и локализации пожара или охлаждения технологического оборудования и строительных конструкций [3].

Основные технические возможности РТС, за счет правильного использования которых возможно повысить тактико-технические возможности пожарных подразделений при тушении пожаров [3, 4]:

1. возможность увеличения скорости и точности выполнения последовательно заданных действий;
2. повышение степени защиты людей от воздействия ОФП смонтированными на борту РТС средствами защиты, а также за счет удаления оператора и других участников тушения пожара на безопасное расстояние от зоны горения;
3. по сравнению с ОТС продолжительности работы РТС в условиях особой опасности для жизни и здоровья людей;
4. перепрограммирование программы тушения (например, при изменении технологии можно изменить нормативную интенсивность пожаротушения);
5. наличие у робота средств обнаружения загорания и подачи огнетушащего вещества с формированием точечных центров тушения, что позволяет проектировать системы защиты более надежными и менее затратными;
6. возможность наращивания системы увеличением количества РТС без смены базового оборудования системы управления.

Также роботов используют как автоматические установки пожаротушения. Среди известных типов пожарных роботов, включая андроидные и мобильные, наиболее широкое практическое применение нашли стационарные пожарные роботы на базе лафетных стволов.

Наиболее инновационным направлением в робототехнике является применение комплексов-аватаров, при котором оператор сидит на отдаленном расстоянии и управляет дублером своего тела. Есть искусственное тело – скелет, которое повторяет за оператором его действия. Большой минус существующих роботов в том, что, управляя ими на расстоянии, оператор не чувствует того, что происходит в опасной зоне с роботом, ему, например, не передаются ощущения жара, когда бушует пожар. Он не слышит криков, шума, ничего не чувствует пальцами. Роботы-аватары со встроенными сенсорными элементами как раз позволяют передать все эти ощущения, будет налажена обратная связь. Оператор будет видеть, слышать, ощущать происходящее на пожаре.

Все это позволит эффективнее и безопаснее работать в сложной обстановке, так как исключает травмирование и гибель сотрудника на пожаре, а также дает возможность проникать личному составу ранее в недоступные из-за высоких температур, химического и радиоактивного загрязнения человеку места.

В заключение хотелось бы отметить, что пожарная робототехника – это основа прорывных технологий, которые позволят в 21 веке отвечать на вызовы стихий и решать проблемы пожарной безопасности с наибольшей эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожарный робот [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ru.wikipedia.org>. – Дата доступа: 06.12.2021;
2. Применений робототехнических средств при тушении пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniy-robototekhnicheskikh-sredstv-pri-tushenii-pozharov-na-sudah>. – Дата доступа: 06.12.2021;
3. Использование робототехники при тушении лесных пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/259/47446.php>. – Дата доступа: 06.12.2021.

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ВОДЯНЫМ ПАРОМ

Децук А.Г., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

При нагревании воды в открытых сосудах нижние, более теплые слои ее поднимаются вверх, перемешиваясь с холодными верхними слоями, опускающимися вниз. С увеличением нагревания эти токи перемешивания будут усиливаться за счет пузырьков пара, образующихся на обогреваемом дне

сосуда и энергично всплывающих вверх. Когда температура воды достигнет 100°C , то вода закипит и с этого момента температура ее будет оставаться неизменной до тех пор, пока она вся не обратится в пар. Тепло, сообщаемое при этом воде, будет расходоваться только на испарение, т.е. на преодоление сцепления молекул воды между собой.

Иная картина будет, при нагревании и испарении воды в закрытом сосуде. Молекулы образующегося пара, число которых будет все время увеличиваться, не находя свободного выхода, начинают чаще сталкиваться друг с другом и со стенками сосуда. При этих столкновениях их скорость уменьшается, и кинетическая энергия превращается в потенциальную - возникает давление, температура кипящей воды и пара повышается. Чем выше давление пара, тем выше температура его образования. В вакууме водяной пар образуется при температуре ниже 100°C , например, при абсолютном давлении 0,03 атмосферы вода будет кипеть при температуре всего лишь $23,8^{\circ}\text{C}$.

При испарении воды более быстродвигающиеся молекулы преодолевают силы взаимного притяжения и вырываются из жидкости. Некоторые молекулы, вылетев из жидкости и испытав ряд столкновений с другими молекулами, возвращаются в жидкость. Пока число молекул, вылетающих из жидкости, больше числа, возвращающихся в нее, жидкость испаряется. Чем больше скопится молекул над поверхностью жидкости, тем больше их возвращается в жидкость. Наконец, наступает момент, когда число вылетающих молекул будет равно числу возвращающихся; дальнейшее испарение жидкости прекращается; в этом случае говорят, что пространство над жидкостью насыщено молекулами пара, а пар, находящийся над жидкостью, называют насыщенным. Температура насыщенного пара равна температуре жидкости. Давление насыщенного пара – наибольшее давление, которое может иметь пар при данной температуре.

Рассмотрев два способа получения пара, делаем вывод, что для получения пара в открытом сосуде нужна постоянно поддерживаемая температура 100°C , сосуд при этом может быть не рассчитан на какое-либо давление. Получение пара в закрытом сосуде выгодно только при разряжении давления в нем, это позволит нам понизить температуру испарения воды, а, следовательно, и количество тепла для ее нагрева.

Пар для тушения пожаров начал применяться прежде всего на судах. На промышленных объектах тушение пожаров паром стало использоваться с середины 20-х гг. главным образом на мукомольных и овсообдирочных заводах Урала и Зауралья [1], В журнале «Советское мукомолье и хлебопечение» (1931 г., № 8) инженер В. И. Войнов описывал существовавшие в то время установки пожаротушения и натурные опыты по тушению пожара водяным паром [3].

Тушение водяным паром применяется в стационарных установках тушения в помещениях с ограниченным количеством проемов, объемом до 500 м^3 (на технологических установках для наружного пожаротушения, на объектах химической и нефтеперерабатывающей промышленности).

При тушении водяным паром, наряду со снижением концентрации кислорода, происходит и охлаждение зоны горения, а также механический срыв пламени струями пара. Если ограждающие конструкции и оборудование нагреты выше температуры конденсации пара при атмосферном давлении, эффект тушения достигается объемной концентрацией пара, равной 35 %. При этом расход пара зависит от герметичности помещений. Наряду с разбавляющим действием, водяной пар также охлаждает нагретые горючие материалы, а пар, поданный в виде компактных струй, – способен отрывать пламя.

В качестве паропроводов стационарных систем паротушения применяются перфорированные трубы, отверстия в которых составляют 4-5 мм в диаметре. В закрытых помещениях перфорированные трубы прокладываются по всему внутреннему периметру помещения на высоте 0,2-0,3 м от пола. При этом струи пара из труб направлены горизонтально внутрь помещения.

В целях предупреждения возникновения пожаров, известно также применение паровых завес, которые предназначены для предотвращения воспламенения горючих газовых смесей от источников зажигания. [4] Завеса должна обладать достаточными плотностью и дальностью, исключающими проскок горючей смеси в защищаемую зону объекта. [5]

Включение наружной паровой завесы предусматривается в следующих случаях [2]

1. при визуальном обнаружении аварии с утечкой горючих жидкостей, паров и газов из технологического оборудования установки;

2. при поступлении сигнала от установленного на печи прибора контроля погасания пламени на горелках печи, что может произойти при подсосе из атмосферы вместо воздуха парогазовоздушной смеси с недостаточным содержанием кислорода;

3. при поступлении сигналов от газоанализаторов (сигнализаторов) горючих газов и паров, установленных в опасных точках;

4. при сообщении о аварийной загазованности на соседних технологических установках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В. П., Бабуринов В. В., Фомин В. И., Смирнов В. И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007.
2. Инструкция по проектированию паровой защиты технологических печей на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности –М., 1976 С.10.
3. Кашинцев Д.А. История металлургии Урала / под ред. академика М.А. Павлова. – М., Л.: Государственное объединенное научно-техническое издательство, Редакция литературы по черной и цветной металлургии, 1939. – Т. 1 (и единственный): Первобытная эпоха XVII и XVIII веков. – 293 с. – 2000 экз.
4. ВУПП-88 Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности пп 8.46.

5. ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Приложение н. метод расчета противопожарных паровых завес;
6. Борисовский В.В. Свойства паров (теория и практика): Учебное пособие для студентов всех направлений очной и заочной форм обучения/ Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2014. – 35 с.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Евтух В.А., Бунто О.В.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Тушение пожара – процесс воздействия сил и средств, а также использование методов и приемов для окончательного прекращения горения, а также на исключение возможности его повторного возникновения [1, 2].

Прекращение горения в условиях пожара осуществляется следующими методами: прекращением доступа в зону горения окислителя (кислорода воздуха) или горючего вещества, а также снижением их поступления до величин, при которых горение невозможно; охлаждением зоны горения ниже температуры самовоспламенения или понижением температуры горящего вещества ниже температуры воспламенения; разбавлением горючих веществ негорючими; интенсивным торможением скорости химических реакций в пламени (ингибированием горения), механическим срывом (отрывом) пламени сильной струей газа или воды. На этих принципиальных методах и основаны известные способы и приемы прекращения горения в условиях пожара с использованием огнегасящих веществ.

Среди способов и средств тушения возгорания наиболее востребованными являются установки водяного пожаротушения автоматического действия. При возникновении пожара система срабатывает автоматически. Это исключает потерю времени, возможную в запускаемых вручную установках, что значительно повышает шансы устранить возгорание еще в начальной стадии и избежать имущественных и человеческих потерь.

По сравнению с другими средствами пожаротушения (паровоздушные смеси, химические соединения, пены, порошки и т.д.), автоматическая водяная установка имеет такие достоинства как дешевизна, относительно высокая удельная теплоемкость, высокая скрытая теплота испарения, химическая инертность по отношению к большинству веществ и материалов. Попадая в зону горения, она нагревается и испаряется, поглощая большое количество теплоты. Так же одно из важных достоинств воды как огнетушащего средства – постоянное наличие практически в неограниченном количестве. Для тушения небольших очагов пламени всегда можно взять воду в ближайшем водопроводном кране. При необходимости подачи большого количества воды пользуются внутренним пожарным водопроводом [3].

В связи с этими преимуществами система имеет широкие варианты эксплуатации, и ее можно устанавливать на объектах с массовым скоплением людей [1, 4]:

- Офисные помещения;
- Жилые дома;
- Учебные заведения;
- Торговые и складские площади;
- Производственные зоны предприятий.

Вода снижает температуру очага горения. При нагреве до 100 С одного литра воды поглощается приблизительно $4 \cdot 10^5$ Дж теплоты, а при испарении – $22 \cdot 10^5$ Дж. Водяной пар (из одного литра воды образуется около 1700 л пара) препятствует доступу кислорода к горящему веществу. Вода, подаваемая к очагу горения под большим давлением, механически сбивает пламя, что облегчает тушение пожара [4].

Охлаждающее и смачивающее действие воды используется не только для тушения огня, но и для предотвращения распространения пламени. В тех случаях, когда очаг загорания не удастся быстро ликвидировать первичными средствами огнетушения, водой обливают расположенные поблизости материалы – мебель, оборудование, газовые баллоны, если их невозможно вынести.

Наряду с этим вода обладает свойствами, ограничивающими область ее применения. К недостаткам воды относятся высокая электропроводность, относительно низкая смачивающая способность, недостаточная адгезия. В некоторых случаях применение воды приводит не к прекращению, а к усилению горения, поскольку горючие жидкости всплывают и продолжают гореть на поверхности воды, причем площадь горения значительно увеличивается.

1. Преимущества автоматического водяного пожаротушения [3]:

Помимо достоинств самой воды системы водяного пожаротушения отличаются следующими свойствами:

Экономичность. Затраты на разработку, транспортировку и монтаж автоматической системы минимальны.

Разнообразие конструкций. Проектирование осуществляется с учетом особенностей охраняемого объекта и видовых типов материалов, находящихся в зоне тушения.

Универсальность. Задействовать установку водяного пожаротушения можно как локально, ограничиваясь одним помещением, так и по всей площади здания.

Составляющие водяных установок [4, 5]:

Система водяного пожаротушения состоит из множества элементов, без которых невозможно организовать полноценную противопожарную защиту. В зависимости от технических требований узлы и детали конструкции могут видоизменяться, но основой всегда выступают следующие комплектующие:

- Насосные системы;
- Трубопроводы подачи воды и распределительные установки;

Узлы управления (спринклерные/дренчерные);
Запорная арматура пожарного назначения;
Оросители;

1. Виды водяного пожаротушения [5]:

а) Спринклерные

Спринклеры имеют специальный тепловой замок, реагирующий на изменения температурных показателей окружающей среды. Принцип действия следующий – в систему пожаротушения предварительно закачивается и сохраняется под давлением вода, ее вывод осуществляется через отверстие в оросителе, заблокированное замком. При возникновении возгорания и повышении температуры в защищаемом помещении, срабатывает чувствительный элемент (тепловой замок), что приводит к автоматическому вскрытию оросителя и началу орошения водой пламени.

Оборудование спринклерной системы активируется только на том участке, где было зарегистрировано критическое изменение температур. Происходит локальное тушение возгорания, что позволяет избежать порчи имущества на других зонах объекта и последствий подтопления при ложном срабатывании системы.

б) Дренчерные

Дренчерные оросители не имеют теплового замка и запорного элемента, закрывающего отверстие оросителя, поэтому тушение происходит не локально как с спринклерных системах, а по всей площади защищаемого помещения. После того, как датчиками пожарной сигнализации было зарегистрировано задымление или повышение температур, поступает сигнал для запуска дренчерного клапана, а так же включения пожарных насосов и начинается тушение.

К преимуществам дренчерной системы относится возможность эффективно защитить помещения от распространения огня, создав мощную противопожарную завесу [1-5].

Особенности проектирование:

Для составления проекта необходимы все вводные данные о помещении, его площади и планировки, сведения ближайших источниках воды и состоянии водопроводов. Также учитывается информация о материалах, используемых при строительстве здания, степени их горючести и реакции на воду. Далее совместно с заказчиком определяется уровень пожарной нагрузки, температурный режим внутри помещения и тип смеси, который будет использован для орошения – чистая вода, водно-пенная смесь или вода со специальными добавками. Затем подбирается тип оросителя (спринклерный или дренчерный) и интенсивность водяного потока. Проектируется расположение датчиков и технологических труб системы, выполняется гидравлический расчет. Гидравлический расчет начинают от самого удаленного от узла управления оросителя принимая за начальную цифру минимальное давление перед оросителем, и считают потери давления в трубопроводе двигаясь к узлу управления. После получения данных о потерях давления в системе, подбирается необходимое давление воды, которое должны обеспечивать пожарные насосы с учетом этих потерь.

Особенности монтажа:

Монтаж систем автоматического водяного пожаротушения, как и проектирование, осуществляется в соответствии с нормами и правилами, документально закрепленными на законодательном уровне. Упрощенно, установка систем тушения производится в следующем порядке [1]:

1. Подготовка площадки для проведения монтажных работ;
2. Подвод коммуникаций;
3. Установка резервуаров;
4. Монтаж насосов, узлов управления, запорной арматуры и оросителей;
5. Проверка всех узлов соединения;
6. Испытание системы.

Чтобы максимально обезопасить объект от возгорания, максимально сократить потери в случае пожара и понести минимальные расходы на установку системы автоматического водяного пожаротушения, следует обратиться к профессионалам. Даже незначительные недоработки могут привести к серьезным последствиям. От качества составленного проекта и его реализации напрямую зависят не только материальные ценности, но и жизни людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходаков В.Ф. «Автоматические установки водяного пожаротушения». – Изд. "Будівельник", Киев, 1970. – 37 с.
2. СТБ 11.16.07-2011 (ГОСТ Р 53288-2009) «Система стандартов пожарной безопасности. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний».
3. Способы и средства тушения пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://smorgonlizey.by/Methodkabinet/biblioteka/teorija/606.htm>. – Дата доступа: 06.12.2021.
4. Характеристика основных огнетушащих веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://koi.tspu.ru/koi_books/sinogina1/x3-2.htm. – Дата доступа: 06.12.2021.
5. Тушение горящих щелочных металлов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gidro.tech-group.pro/tushenie_goryaschih_schelochnyh_met. – Дата доступа: 06.12.2021.

УЗЛЫ УПРАВЛЕНИЯ ДРЕНЧЕРНОЙ И СПРИНКЛЕРНОЙ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Жданович И.В., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Согласно ГОСТ Р 51052-2002 [1], узел управления (далее – УУ) – это совокупность устройств (трубопроводной арматуры, запорных и сигнальных устройств, ускорителей их срабатывания, устройств, снижающих вероятность

ложных срабатываний, измерительных приборов и прочих устройств), которые расположены между подводящим и питающим трубопроводами спринклерных и дренчерных установок водяного и пенного пожаротушения, предназначенных для контроля состояния и проверки работоспособности указанных установок в процессе эксплуатации, а также для пуска огнетушащего вещества, выдачи сигнала для формирования командного импульса на управление элементами пожарной автоматики (насосами, системой оповещения, отключением вентиляторов и технологического оборудования и др.) [1, 2].

Дренчерный УУ приводится в действие посредством срабатывания теплового замка или пожарного автоматического извещателя.

В результате температурного воздействия срабатывает пусковое устройство, установленное в основной магистрали, открываются каналы для прохода жидкости, которая сливается в дренаж. Происходит снижение давления.

В рабочей камере запорного клапана возрастает давление жидкости, что приводит к отжиму мембраны в побудительном отсеке и перетеканию жидкого вещества в сигнальное отверстие. Давление становится ниже и с помощью жидкости, которой заполнена входная полость клапана, происходит открытие затвора.

Жидкость давит на сигнализатор давления, установленный на трубопроводе, отходящем от сигнального отверстия, происходит выдача электрического сигнала на централизованный пункт наблюдения и для управления насосом, УУ приводится в рабочий режим.

Водозаполненные УУ по конструктивному исполнению бывают прямоточными и угловыми. Для использования в особых условиях выпускают взрывозащищенные установки [3].

Прямоточные узлы управления могут иметь несколько модификаций.

В базовом исполнении, при включении УУ открывается затвор сигнального клапана, жидкость поступает в трубопроводы, что способствует повышению давления в магистрали. Система дистанционного управления (СДУ) выдает сигнал для руководства насосом. Период срабатывания – 2 сек [1-3].

В базовом варианте устройства может возникать кратковременное давление на датчик-компенсатор УУ из-за посторонних сигналов (например, скачков давления по причине ударной волны в сети водопровода). С целью предотвращения ложного срабатывания, сигнализатор давления оснащается таймером задержки.

В таком исполнении перед системой дистанционного управления устанавливается камера задержки, служащая демпферным устройством (глушителем). Работа устройства заключается в раскрытии затвора сигнального клапана вследствие перепада давления в источнике водоснабжения. Камера заполняется жидкостью. Выдача сигнала СДУ замедляется, термин срабатывания УУ составляет порядка 11 сек [1-3].

Камера задержки является альтернативой электронного таймера. До тех пор, пока она не наполнится водой, сигнализатор давления не сработает. При движении жидкости, вызванной посторонней причиной, вода в резервную камеру поступать перестанет, сольется в канализацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 51052-2002 Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Узлы управления. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200030318>. – Дата доступа: 06.12.2021;
2. Бабуров В. П., Бабуринов В. В., Фомин В. И., Смирнов В. И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007
3. Технический регламент ЕАЭС «о требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» ТР ЕАЭС 043/2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456080708>. – Дата доступа: 06.12.2021;

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Иванов И.Ю., Навроцкий О.Д.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Загорания неполярных органических жидкостей (различных топлив, органических растворителей) поддаются тушению традиционными огнегасящими составами с трудом. Для тушения загораний жидкостей в сложных или опасных условиях, таких как склады топлива, промышленные предприятия или аэропорты, используются особые пены, так называемые огнегасящие пленкообразующие пены на водной основе (AFFF или АЗФ, от английского – Aqueous Film Forming Foams).

Принцип действия таких AFFF основан на образовании водяной пленки на поверхности горячей жидкости. За счет скольжения пена легко растекается по поверхности горячей жидкости и легко достигает тех мест, где применение огнегасящей пены будет затруднительным или неэффективным. Эти свойства и делают AFFF такими тактически ценными. Основные характеристики пленкообразующих пенообразователей и способы их контроля были рассмотрены в [1].

Для достижения эффекта образования пленки по поверхности горючей жидкости сумма поверхностного натяжения водного раствора ПАВ (σ_w) и его межфазного натяжения с растворителем (σ_{w0}) должно быть меньше, чем поверхностное натяжение смачиваемой жидкости (σ_0).

Основными компонентами пенообразователя являются одна или несколько добавок следующих компонентов: пенообразующих веществ, пленкообразователя (стабилизатора пленки), гелеобразующего вещества, антифриза, консерванта, ингибитора коррозии, солубилизатора и буфера. Каждый компонент влияет на конкретное свойство пенообразователя. Опишем их вкратце.

С целью улучшения вспенивания в раствор добавляются совместно действующие поверхностно-активные вещества – пенообразователи. Для улучшения свойств пленки и пены добавляется пленкообразователи (их еще называют стабилизаторы пленки). Повышения устойчивости к спиртам добиваются добавлением гелеобразующих веществ. Для повышения морозостойкости и улучшения применимости при низких температурах в концентрированный пенообразователь могут добавляться антифризы. Консерванты, ингибиторы коррозии и буферы используются для повышения устойчивости раствора при хранении и защиты хранилищ и оборудования. Солубилизаторы используются для улучшения растворимости других компонентов пенообразователя.

Каждый компонент концентрированного пенообразователя обладает различной поверхностной активностью и воздействует на изменение значений поверхностного и межфазного натяжения по-своему, либо не воздействует вовсе. Поверхностная активность зависит главным образом от химической структуры вещества: природы полярной и строения неполярной частей молекул ПАВ.

Единственным способом объективно оценить качество ФПАВ является получение кривых изотерм поверхностного и межфазного натяжения водных растворов пенообразователей на границе с углеводородом экспериментальным путем.

В Республике Беларусь фторированные поверхностно-активные вещества не производятся, и для исследований использовались вещества, поставляемые в республику мировыми производителями, имеющими региональные представительства в Беларуси. За рубежом производится широкий спектр фторированных ПАВ, что позволяет произвести среди них отбор наиболее перспективных компонентов для пленкообразующих пенообразователей. Из анализа литературных данных для проведения исследований, как наиболее перспективные фторированные ПАВ, выбраны перфторалкиламиноксид и перфторалкилбетаин.

В качестве горючей жидкости в лабораторных исследованиях в соответствии с [2] использовался н-гептан с поверхностным натяжением $20,5 \text{ мН}\cdot\text{м}^{-1}$. Измерение поверхностного натяжения рабочего раствора пенообразователя и межфазного натяжения на границе рабочего раствора с н-гептаном проводилось с использованием метода Де-Нуи.

Результаты и обсуждение

Величина поверхностного натяжения раствора пленкообразующего пенообразователя на границе с воздухом составляет 16-19 мН/м, величина межфазного поверхностного натяжения – 1,0-6,0 мН/м. Чтобы обеспечить растекание раствора пенообразователя по н-гептану, который имеет поверхностное натяжение 20,5 мН/м, поверхностное натяжение водного раствора должно не более 18 мН/м при межфазном натяжении 2,5 мН/м.

С целью определения наиболее эффективно снижающих поверхностное натяжение фторированных ПАВ проведено исследование зависимости поверхностного и межфазного натяжения фторированных ПАВ различной химической природы от их концентрации. Составы исследованных растворов приведены в таблице.

Составы исследуемых растворов

№ раствора	мас.д., %
Раствор 1	перфторалкилбетаин 0,0025-0,03 бутилгликоль 0,10 вода до 100
Раствор 2	перфторалкиламинооксид 0,0025-0,03 бутилгликоль 0,10 вода до 100
Раствор 3	перфторалкиламинооксид 0,006 перфторалкилбетаин 0,003 бутилгликоль 0,10 вода до 100

Бутилгликоль в составе использовался для увеличения растворимости ПАВ. Зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ в растворе приведены на рисунке.

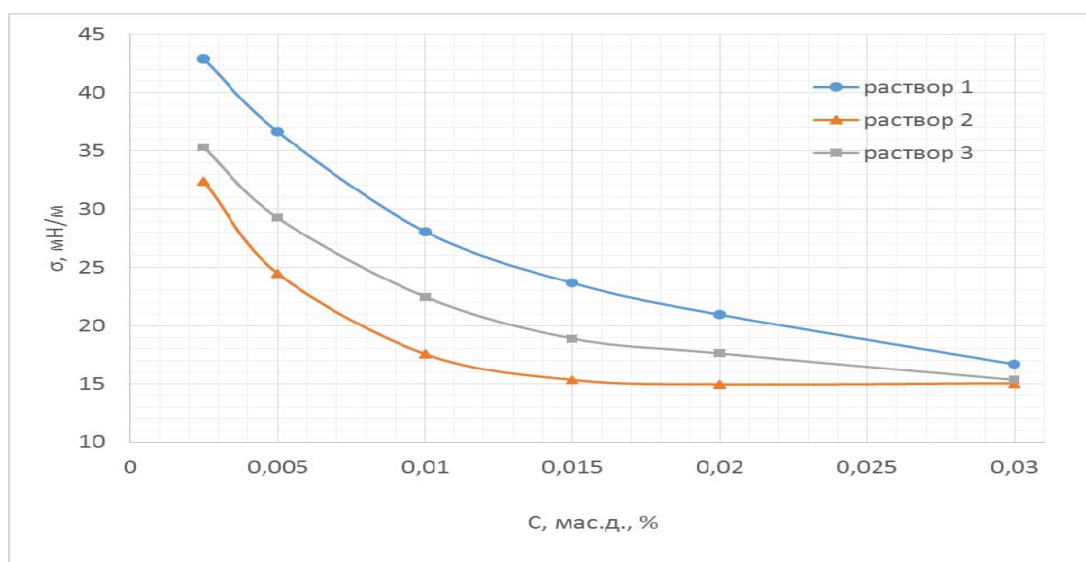


Рис. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ

Как видно из рисунка, из исследованных ФПАВ наиболее сильно снижает поверхностное натяжение перфторалкиламинооксид (раствор 3). Исходя из предположения, что межфазное натяжение будет 2,5 мН/м, для выполнения условия образования пленки на поверхности н-гептана поверхностное натяжение должно быть менее 18,0 мН/м, соответственно концентрация перфторалкиламинооксида в рабочем растворе должна быть не менее 0,0095 мас.д., %. Перфторалкилбетаин (раствор 1) в меньшей степени снижает поверхностное натяжение, по сравнению с перфторалкиламинооксидом. Для выполнения условия образования пленки его концентрация в рабочем растворе должна быть не менее 0,0270 мас.д., %, что почти в три раза больше, чем необходимая концентрация перфторалкиламинооксида.

Также из рисунка видно, что изотерма зависимости поверхностного натяжения от концентрации смеси перфторалкиламинооксида

и перфторалкилбетаин (раствор 2) располагается между изотермами индивидуальных веществ, что свидетельствует об отсутствии синергетического эффекта от смешения.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в диапазоне концентраций ФПАВ от 0,0025 до 0,03 мас.д., % возможно достижение эффекта образования пленки рабочего раствора на поверхности н-гептана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов И.Ю., Кондакова Я.А., Навроцкий О.Д. Обзор основных характеристик пленкообразующих пенообразователей и способы их контроля. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. мат. / ред. -сост. Д. Б. Самойлов. Иваново, 2021. С. 41-48.
2. Вещества огнетушащие. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 2459-2016. – Взамен СТБ ГОСТ Р 50588-99; введ. 12.08.2016. – Минск, Госстандарт, 2016. – 42 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ НА ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Иванов И.Ю.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Любое электрооборудование, в том числе пожарная автоматика, размещаемое во взрывоопасной зоне, согласно [1, СН 2.02.03-2019] должно соответствовать требованиям ПУЭ [2] глава 7.3 по уровню и виду взрывозащиты, а также группе и температурному классу. Все перечисленные требования уточняются экспертами при обследовании объекта.

Выбор того или иного оборудования ПА зависит от требований конкретного объекта. В наиболее общем случае СПС ПА состоит из приемно-контрольного прибора (ПКП), пожарных и охранных извещателей, световых и звуковых оповещателей, а также шлейфов сигнализации (ШС) и оповещения (ШО), служащих для связи извещателей и оповещателей с ПКП. При этом чаще всего извещатели и оповещатели находятся во взрывоопасной зоне, а ПКП в помещении с постоянным присутствием персонала, которое в большинстве случаев классифицируется как взрывобезопасная зона.

Взрывозащита электрооборудования может достигаться различными способами, большинство из которых основаны на методе физической изоляции электрических контактов или горячих поверхностей от взрывоопасных смесей. Из представленной в ПУЭ классификации видов взрывозащиты в пожарной автоматике применяется в основном два вида взрывозащиты, которые предусматривают непосредственный контакт взрывоопасной среды с токонесущими частями электрооборудования – это искробезопасная электрическая цепь (ИБЦ) – «i» и взрывонепроницаемая оболочка – «d».

Вид защиты “взрывонепроницаемая оболочка” основывается на идее сдерживания взрыва. То есть в данном случае допускается возникновение взрыва внутри оболочки, однако ее конструкция гарантирует, что не произойдет распространения взрыва во внешнюю среду.

При использовании взрывонепроницаемой оболочки ШС и ШО прокладываются в стальных трубах (рис.1). Датчики и средства оповещения при этом также должны быть выполнены с применением такого же вида взрывозащиты.

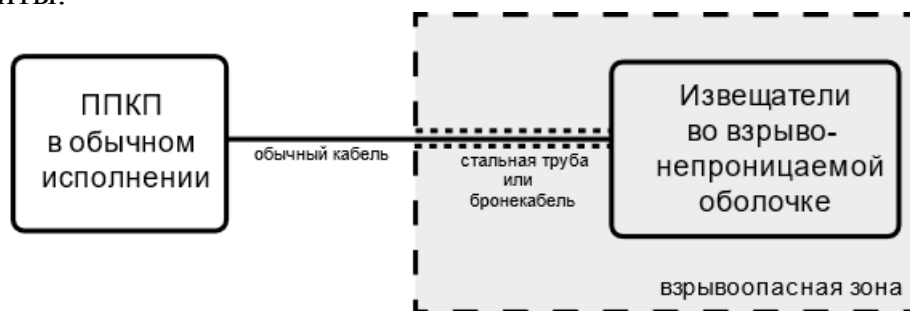


Рис. 1. Схема подключения извещателей во взрывонепроницаемой оболочке к ППКП в обычном исполнении

К числу недостатков такого способа построения системы СПС можно отнести высокую стоимость оборудования и монтажа, а также повышенные требования, предъявляемые к регламентному обслуживанию сигнализации.

К числу очевидных преимуществ можно отнести то, что потребляемая мощность подключаемых датчиков и оповещателей не ограничивается. При этом возможно применение любых типов приемно-контрольных приборов, установленных вне взрывоопасной зоны.

Принцип работы ИБЦ основывается на ограничении энергии, запасенной в электрической цепи, до безопасного уровня, при котором исключается воспламенение огнеопасных веществ (ОВ) даже при коротком замыкании цепи или ее обрыве, когда на оборванных контактах появляется напряжение холостого хода.

Основное преимущество такого вида взрывозащиты, как уже отмечалась, заключается в том, что такие цепи не способны генерировать искру или оказать тепловое воздействие, которое может послужить причиной взрыва. Это в значительной степени облегчает техническое обслуживание, которое можно производить, даже не обесточивая шлейфы, и исключает серьезные последствия при ошибках обслуживающего персонала. СПС, выполненная с использованием ИБЦ, не требует специального технического обслуживания, связанного с взрывозащитой. При этом стоимость монтажа такой сигнализации практически не отличается от стоимости монтажа обычной СПС.

В шлейф сигнализации такой системы при этом возможно подключать не только датчики, имеющие вид взрывозащиты ИБЦ, но и, согласно ПУЭ п. 7.3.72, любые серийно выпускаемые датчики общего назначения, не имеющие собственного источника тока, индуктивности и емкости, если к ним не подключены другие искроопасные цепи, а также если они закрыты крышкой и опломбированы и их изоляция рассчитана на трехкратное номинальное напряжение ИБЦ, но не менее, чем на 500 В.

На рис. 2 и 3 представлены наиболее часто используемые схемы подключения извещателей с искробезопасной электрической цепью к ППКП.

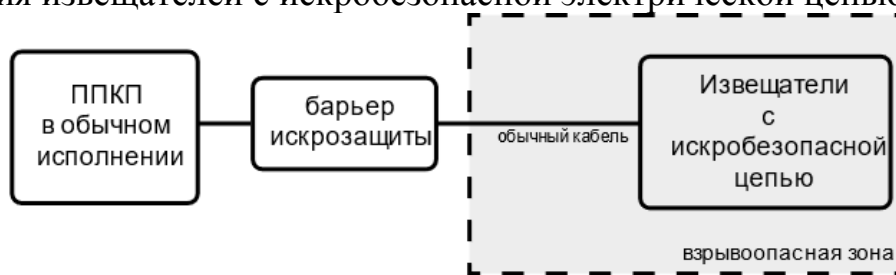


Рис. 2. Схема подключения извещателей с искробезопасной электрической цепью к ППКП в обычном исполнении через барьер искрозащиты

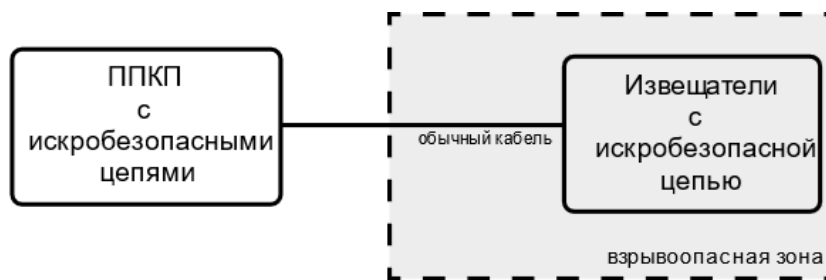


Рис. 3. Схема подключения извещателей с искробезопасной электрической цепью к ППКП с искробезопасными шлейфами сигнализации

Для того, чтобы установить, какой уровень взрывозащиты должны иметь составные части ПА, необходимо определить класс взрывоопасной зоны. Согласно [2, ПУЭ] п.7.3.38, класс взрывоопасной зоны должен определяться технологами совместно с электриками проектной или эксплуатирующей организации. Классификация взрывоопасных зон определена в ПУЭ п.п. 7.3.40-7.3.46 и зависит от концентрации, химических свойств ОВ и их агрегатного состояния (газ, пар, жидкость или пыль). Класс взрывоопасной зоны также зависит от того, определено ли присутствие ОВ нормальным режимом работы или это возможно только в результате аварий или неисправностей.

Исходя из класса взрывоопасной зоны, которую должна обслуживать ПА, определяется требуемый уровень взрывозащиты оболочки элементов ПА, как указано в табл. 1. Эти уровни разделяются на: электрооборудование повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасное электрооборудование и особовзрывобезопасное электрооборудование (рис. 4).

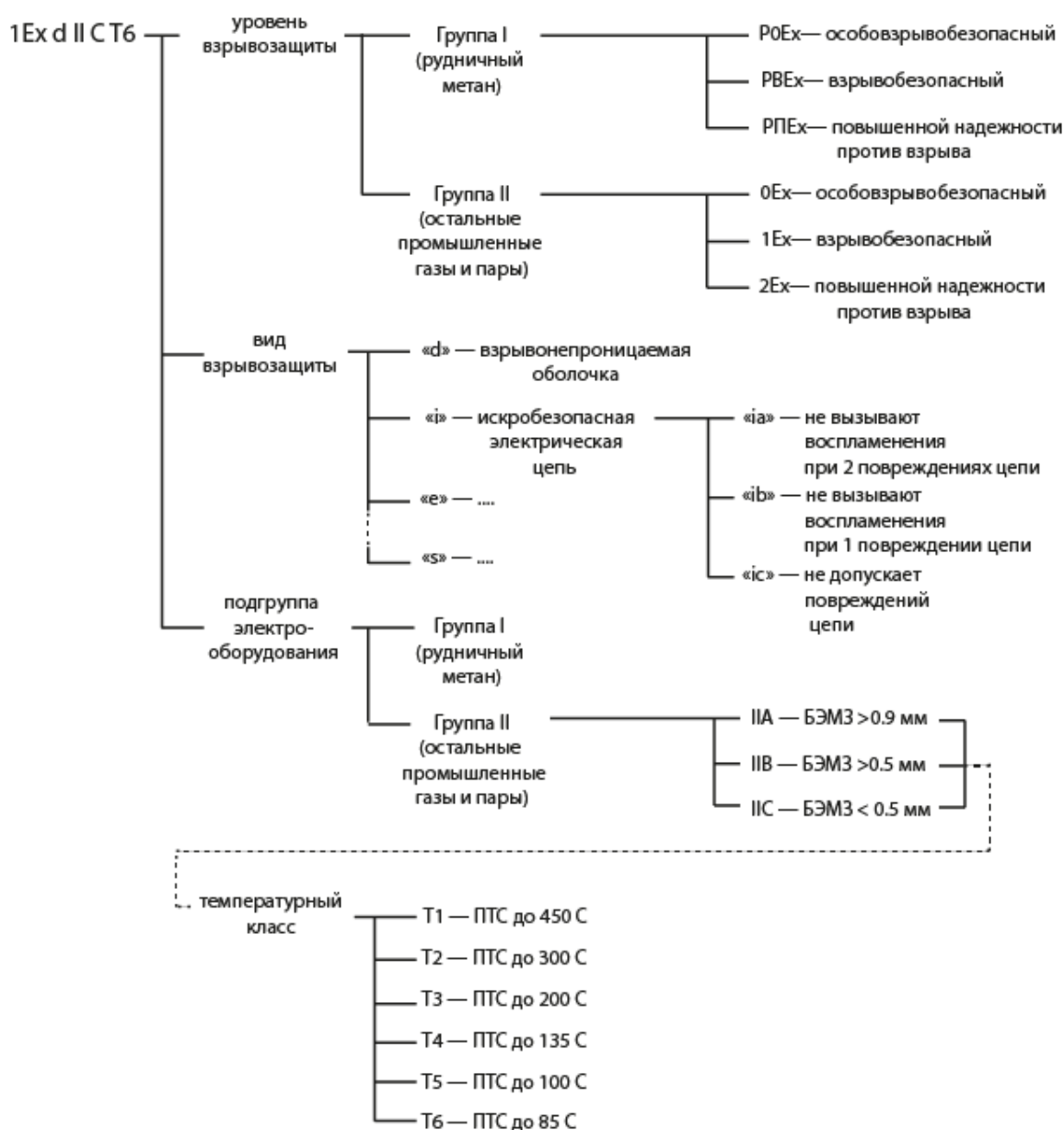
Таблица 1. Допустимый уровень взрывозащиты (степень защиты оболочки электрических аппаратов и приборов) в зависимости от класса взрывоопасной смеси

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-I	Взрывобезопасное, особо взрывобезопасное
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва – для аппаратов и приборов, искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С. Без средств взрывозащиты – для аппаратов и приборов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С.
В-Iб	Оболочка со степенью защиты не менее IP54 Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP44

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В-II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В-Па	Без средств взрывозащиты. Оболочка со степенью защиты не менее IP54

Необходимо заметить, что требование к степени защиты оболочки от проникновения воды (вторая цифра) можно изменять в зависимости от условий среды, в которой ПА эксплуатируется. Однако при этом требование к степени защиты оболочки от проникновения пыли остается обязательным.

Выяснить, к какому уровню взрывозащиты относится тот или иной элемент ПА, можно по маркировке, указанной в документации и нанесенной на основной части корпуса (рис.4).



Примечание: БЭМЗ - безопасный экспериментальный максимальный зазор
ПТС - предельная температура самовоспламенения

Рис. 4. Классификация взрывозащищенного оборудования

Группа, к которой должно принадлежать электрооборудование, определяется, исходя из категории взрывоопасной смеси: I – рудничный метан или II – остальные промышленные газы и пары.

При применении этих двух видов взрывозащиты электрооборудование категории II разделяется на три подгруппы. Это деление вызвано тем, что в зависимости от категории взрывоопасной смеси предъявляются различные требования к зазорам во взрывонепроницаемой оболочке и уровню ограничения энергии в ИБЦ. Электрооборудование будет являться взрывозащищенным для взрывоопасной смеси определенного класса, если будут выполняться условия, указанные в табл. 2.

Таблица 2. Подгруппы электрооборудования группы II с видами взрывозащиты «d» и «i».

Знак группы электрооборудования	Знак подгруппы электрооборудования	Категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
II	–	II A, II B, II C
	II A	II A
	II B	II A, II B
	II C	II A, II B, II C

Деление взрывоопасных смесей на шесть групп в зависимости от температуры самовоспламенения предъявляет дополнительные требования к электрооборудованию. Распределение взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом по категориям и группам приведено в [2, ПУЭ] табл. 7.3.3. Температурный класс электрооборудования должен выбираться, исходя из требований, указанных в табл. 3. Так, например, для группы смеси T3 – бензин А-66 взрывозащищенным будет оборудование температурного класса от T3 до T6.

Таблица 3. Температурные классы электрооборудования группы II.

Класс	Предельная температура самовоспламенения, °C	Группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным
T1	450	T1
T2	300	T1, T2
T3	200	T1- T3
T4	135	T1- T4
T5	100	T1- T5
T6	85	T1- T6

Для выполнения требований по уровню взрывозащиты [5] устанавливает дополнительное разделение взрывозащиты вида ИБЦ на уровни “ia”, “ib” или “ic”. Различие между этими уровнями заключается в степени надежности этой цепи. Так, цепи уровня “ia” не должны вызывать воспламенения взрывоопасной смеси даже при двух повреждениях, нарушающих требования данного ГОСТа,

цепи уровня “ib” – при одном повреждении, а цепи уровня “ic” не допускают таких повреждений. Для достижения уровня особовзрывобезопасного оборудования и использования в зонах классов В-I и В-II ПА должна иметь взрывозащиту только с уровнем искробезопасности электрической цепи “ia”, для достижения уровня взрывобезопасного оборудования возможно использовать ИБЦ с уровнями искробезопасности “ia” и “ib”, а для достижения уровня электрооборудования повышенной надежности против взрыва ИБЦ любого уровня: “ia”, “ib” или “ic”.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. впервые (с отменой на территории Респ. Беларусь: ТКП 45-4.02-317-2019). – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2019. – 81 с.
2. ПУЭ Правила устройства электроустановок (6-е изд.)
3. Пахомов В.П., Охранно-пожарная сигнализация на взрывоопасных объектах // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. – №2. – С. 51-55.
4. Образцов, С.В. Особенности организации охранно-пожарной сигнализации на взрывоопасном объекте [Электронный ресурс] Каталог "ОПС. Охранная и охранно-пожарная сигнализация. Периметральные системы"/ С.В. Образцов. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2011. – Режим доступа: <http://lib.secuteck.ru/articles2/OPS/osobennosti-organizacii-ohrannopojarnoi-signalizacii-na-vzrivoopasnom-obekte>, свободный.

ОБЗОР МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНЫ

Кондакова Я.А., Навроцкий О.Д.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В настоящее время одной из важных характеристик пены является ее устойчивость. Пены образуются при диспергировании газа в жидкости в присутствии стабилизатора или, как принято называть, пенообразователя. Устойчивую пену можно получить только в присутствии пенообразователя, от состава и физико-химических свойств которого в основном зависит время существования пены. Жидкости без пенообразователей сколько-нибудь устойчивой пены не дают.

Под устойчивостью пены понимается способность пены противостоять разрушению в течении определенного времени. В ряде случаев мерой устойчивости пены считают время от момента ее образования до самопроизвольного разрушения [1], либо же до полного разрушения определенного количества пены [2]. Например, для химической пены устойчивость будет характеризоваться временем от момента получения пены до разрушения 20 % первоначального ее объема, а для воздушно-механической – до выделения 50 % раствора, из которого получена пена [3]. Также мерой

устойчивости пены может служить измерение времени жизни отдельного пузырька пены, образованного пропусканием воздуха через капилляр, погруженный в жидкость [2].

Следует помнить, что время истечения 50 % жидкости из пены в одном случае будет являться временем разрушения объема, в другом случае – объем пены будет сохраняться. Это свидетельствует о различном механизме разрушения пен. В пенах с кратностью ниже равновесной жидкость вытекает преимущественно по каналам Гиббса-Плато как за счет гравитационного синерезиса, так и внутреннего разрушения пены.

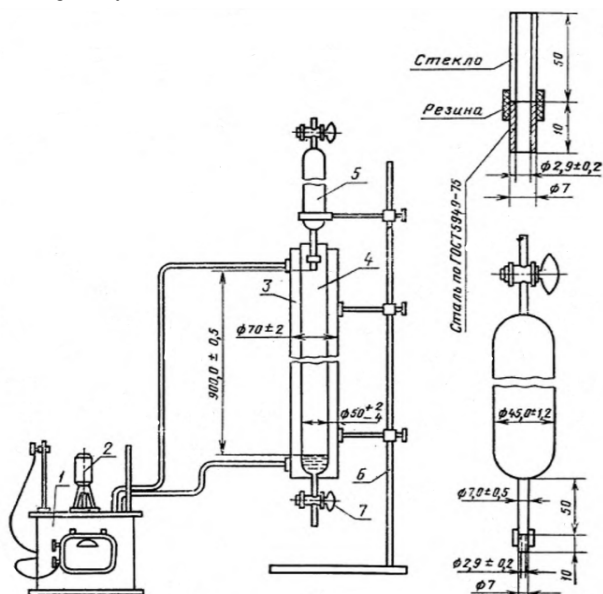
Из методик, указанных в различных стандартах [4 - 9] можно выделить три направления определения устойчивости пены.

Первое направление позволяет определить и/или оценить устойчивость пены без использования специальных пеногенерирующих устройств. Получение пен в лабораторных условиях возможно путем интенсивного перемешивания, встряхивания растворов ПАВ, барботажа воздуха через слой раствора.

Примером данного направления служит метод Росса-Майлса в соответствии с ГОСТ 22567.1-77 [5]. Прибор состоит из мерного цилиндра, который закрыт сверху пробкой с двумя отверстиями (для ввода пипетки и для отвода воздуха) и штатива (рисунок 1).

Для определения устойчивости пены в моющем средстве проводится следующий опыт.

Навеску образца около 5 грамм помещают в стакан и растворяют в 50 мл воды, перемешивают. Далее помещают этот раствор в колбу и доводят объем до 1 л водой. Перемешивание раствора должно происходить осторожно, чтобы избежать образования пены.



1 – термостат; 2 – водяная рубашка; 3 – термостат; 4 – мерный цилиндр;
5 – стеклянная пипетка; 6 – штатив; 7 – кран пипетки

Рис. 1. Прибор Росс-Майлса

Водяную рубашку прибора присоединяют к термостату. Включают термостат и нагревают рубашку до температуры испытания. Одновременно 300 мл испытуемого раствора доводят до этой же температуры. Отбирают 50 мл и наливают в цилиндр так, чтобы пена не образовалась. По прошествии 10 минут также осторожно добавляют в пипетку еще 200 мл раствора. Пипетку фиксируют в штативе на расстоянии 90 см от уровня жидкости в цилиндре так, чтобы струя из нее попадала ровно в центр жидкости. Далее открывают кран пипетки. После того как данный раствор полностью выльется из пипетки, включают секундомер и по истечении 30 секунд измеряют высоту столба пенного в мм (H_0). Спустя 5 минут измеряют высоту пены в мм (H_5). Устойчивость пены (Y) вычисляется по формуле:

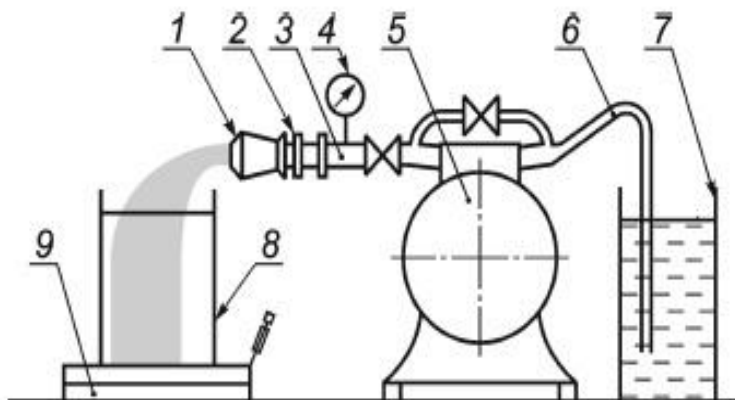
$$y = \frac{H_5}{H_0},$$

где H_0 – высота столба пены через 30 секунд, H_5 – высота столба пены через пять минут.

За окончательный результат принимают среднее значение результатов трех испытаний.

Второе направление обусловлено использованием специальных пеногенерирующих устройств, так называемые лабораторные пеногенераторы, которые позволяют получить пену с различными показателями кратности.

Для определения кратности пены и показателя устойчивости пены низкой и средней кратности, используемой для тушения пожаров, применяют установку (рисунок 2), описанную в СТБ 2459-2016 [9]. Кратность пены зависит от используемого типа пеногенератора.



- 1 – генератор пены или ствол низкой кратности; 2 – напорный рукав;
 3, 4 – патрубок с манометром; 5 – водяной насос; 6 – всасывающий рукав;
 7 – емкость с рабочим раствором пенообразователя;
 8 – емкость для сбора пены; 9 – весы

Рис. 2. Схема установки для определения кратности и показателя устойчивости пены

Так для получения пены средней кратности приготовленный рабочий раствор подают под давлением ($0,60 \pm 0,01$) МПа в напорный рукав, на выходе которого установлен генератор. Отверстие на дне емкости закрывают. После

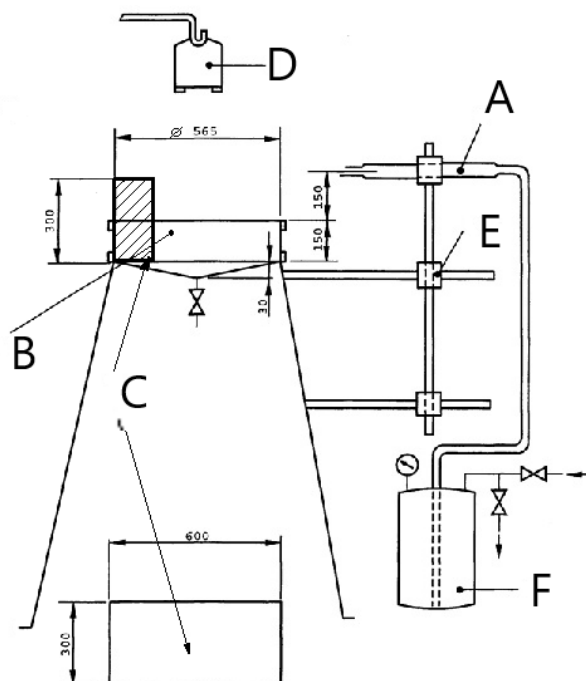
получения устойчивой струи пены наполняют пеной емкость для сбора пены. В этот момент включают секундомер и засекают время. Затем взвешивают емкость с пеной. При этом заполнение всего объема емкости должно быть равномерным, без образования пустот. Определяют массу пены как разность масс заполненной и пустой емкостей. Отверстие на дне емкости открывают для истечения раствора. Замеряют время выделения 50 % объема раствора.

За результат испытания принимают среднеарифметическое трех параллельных определений. Показатель устойчивости пены определяют, как время выделения из пены 50 % объема раствора.

Третье направление можно выделить тем, что оно наиболее приближено к реальным условиям пожара. Так как лабораторные методы не позволяют всецело оценить устойчивость пены, то используется комплексный показатель: время тушения и время повторного воспламенения, последнее является мерой устойчивости пены к воздействию водорастворимых горючих жидкостей.

Примером методики определения комплексного показателя является методика испытаний по определению времени тушения и времени повторного воспламенения модельного очага ацетона пеной низкой кратности при ее подаче на поверхность горючей жидкости, описанная в СТБ 2459-2016 [9].

Сущность метода заключается в определении времени тушения горючей жидкости пеной низкой кратности, подаваемой в модельный очаг площадью 0,25 м² (рисунок 3).



А – генератор пены низкой кратности; В – противень для горючей жидкости;
С – экран отбойник для пены; D – тигель для определения времени повторного воспламенения; E – штатив для крепления пеногенератора; F – устройство для подачи раствора пенообразователя (огнетушитель, насос)

Рис. 3. Схема установки для тушения пеной средней кратности

Для проведения испытания устанавливают на ровной поверхности установку. Ствол располагают горизонтально на высоте $(0,15 \pm 0,01)$ м от борта

модельного очага на таком расстоянии от противня, чтобы пена из ствола, направленная вдоль диаметра противня, попадала в геометрический центр вертикального экрана для сбора пены. Заливают в противень $(9 \pm 0,1)$ дм³, в тигель – $(2 \pm 0,1)$ дм³ горючего. Не ранее чем через 3 минуты и не позднее 5 минут горючее в противне зажигают. Через (120 ± 2) с после поджига горючего осуществляют подачу пены в течение (180 ± 2) с. Если пламя не гаснет, то продолжают подачу пены до (300 ± 2) с. Фиксируют время тушения.

Для определения времени повторного воспламенения через (300 ± 2) с после прекращения подачи пены опускают тигель в центр противня. Горючее в тигле зажигают и фиксируют время повторного воспламенения.

Если горючее в тигле выгорает без повторного воспламенения, то испытания прекращают.

Проводят три опыта. За результат испытаний принимают среднеарифметическое значение показателей времени тушения и времени повторного воспламенения.

Таким образом, из вышеизложенных примеров методов определения устойчивости пены, можно сделать вывод о том, что все методы имеют свои преимущества, однако большинство методик очень трудоемки, требуют объемных установок, а также больших денежных затрат. Поэтому нами планируется разработка методики определения устойчивости пены на поверхности водорастворимых горючих жидкостей, которая позволит упростить проведение испытаний, минимизировать затраты, а также позволит проводить испытания при отсутствии условий для масштабных огневых испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмельницкий, Р.А. Физическая и коллоидная химия: учеб. для с.-х. спец. вузов/Р.А. Хмельницкий – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
2. Балезин, С.А. Основы физической и коллоидной химии: учеб. пособие для студентов биол.-хим. фак. пед. ин-тов/С.А. Балезин, Б.В. Ерофеев, Н.И. Подобаев – М.: «Просвещение», 1975. – 398 с.
3. Аверьянов, Ю.И. Исследование огнетушащих свойств пены: метод. указания к лабораторной работе/Ю.И. Аверьянов, Г.А. Полунин – Челябинск: Издательский центр ЮУТУ, 2020. – 16 с.
4. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний: НПБ 304 2001. – Введ. 01.01.2002. – ВНИИПО, 2002. –19.
5. Средства моющие синтетические. Метод определения пенообразующей способности: ГОСТ 22567.1-77* – Введ. 01.07.78. – Издательство стандартов, 1986. – 6 с.
6. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для хим.-тех. вузов/А.Г. Касаткин – М.: «Химия», 1973. – 753 с.
7. Способ определения концентрации поверхностно-активных веществ анионного типа в технологических жидкостях: пат. RU2564946C1/ А.М. Анисова, Ф. Г. Усманова. – Оpubл. 10.10.2015 Бюл. №28

8. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний: ГОСТ Р 50588-2012. – Взамен ГОСТ Р 50588-93; введ. 01.09.2012. – М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.
9. Вещества огнетушащие. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 2459-2016. – Взамен СТБ ГОСТ Р 50588-99; введ. 12.08.2016. – Минск, Госстандарт, 2016. – 42 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Куликов С.В.

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

В настоящее время оценка уровня развития современного общества свидетельствует о росте числа пожаров во многих сферах деятельности человека. Первостепенное значение данной задачи и требования ее эффективного решения являются мощным импульсом в развитии технологий пожаротушения.

Городские программы, реализующие современные направления градостроительной политики, при планировании застройки городов в связи с лимитированным пространством внутригородских построек отдают предпочтение возведению высотных зданий различного назначения с применением современных материалов.

Пожарная опасность таких объектов определяется значительным количеством находящихся людей, повышенной энергонагрузкой, а также спецификой возможного развития пожара. Пожарная безопасность таких объектов регламентирована рядом нормативно-технических документов.

Тушение пожаров в высотных зданиях сопровождается длительностью проведения спасательных работ, сложностью при подаче огнетушащих средств и сосредоточении пожарной техники.

Среди существующего многообразия технических решений для обеспечения пожарной безопасности многоэтажных объектов и высотных зданий можно выделить ряд разработок.

Так технология доставки ОТВ на высоту более двухсот метров реализована посредством современной насосно-рукавной системы и основана на использовании двухступенчатых насосов высокого давления, пожарных рукавов повышенной прочности и новых переходных устройств.

В качестве эффективного метода борьбы с возгоранием в небоскребах обосновано применение управляемой самозарядной пневматической пожарной пушки, конструктивно связанной с коленчатым подъемником и реализующей своевременную локализацию возгорания посредством снарядов.

Применение установок ТРВ (альтернатива АУТП) показало эффективность использования тонкораспыленной воды для тушения пожаров

в высотных зданиях. Также применение нашли технологии пожаротушения тонкораспыленными огнетушащими веществами.

Эффективность борьбы с природными пожарами определяется уровнем используемых средств пожаротушения. В настоящее время разработаны и активно применяются различные инновационные высокоэффективные технологии тушения природных пожаров, основанные на:

- использовании беспилотных комплексов с целью обнаружения мест возгорания лесных массивов;
- применении специальных средств измерения с целью определения интенсивности возгорания;
- внедрении систем автоматизации для поиска мест возгорания;
- автоматизации процессов управления пожарными подразделениями;
- синтезе систем поддержки принятия решений руководителя процесса ликвидации возгорания;
- применении современных технических противопожарных комплексов.

Развитием существующих методов борьбы с лесными пожарами (метод захлестывания фронта низового пожара, метод проложения полос минеральных веществ на основе накладных шнуровых зарядов и др.) являются технические решения в сфере повышения эффективности борьбы с природными очагами возгорания.

Среди них: техническое средство для обнаружения и ликвидации низового пожара, сбрасываемое с летательного аппарата, модульные автомобили для ликвидации чрезвычайных ситуаций при пожаротушении лесных пожаров, маневренный генератор регулируемой дисперсности, способный нейтрализовать пламенное горение и тление.

В сфере применения авиационных средств с целью ликвидации природных пожаров с воздуха можно выделить преимущества вертолетного водосливного устройства ВСУ-5А с подачей смачивателей и пенообразователей. Известно конструктивно новое, современное техническое средство для ликвидации природных пожаров с воздуха огнегасящей жидкостью на основе гидросамолетов-амфибий. Также в настоящее время разработана линейка модификаций роботов (дронов) различного назначения, в том числе, беспилотные летательные аппараты.

Применение высоконадежных робототехнических пожарных устройств для борьбы с пожарами, обуславливается требованиями расширения возможностей пожарно-спасательных подразделений.

К их основным достоинствам относятся: защита участников тушения пожара, оптимальная точность подачи ОТВ в очаг возгорания, минимизация числа пожарных возле зоны горения, возможность использования для тушения масштабных пожаров.

Отдельную категорию робототехнических пожарных средств составляют мобильные противопожарные роботы, которые в зависимости от сферы применения включают в состав беспилотные летательные аппараты и мобильные робототехнические комплексы.

В настоящее время нашли применение мобильный робототехнический комплекс разведки и пожаротушения легкого класса МРК-РП в составе автомобиля быстрого реагирования АБР-РОБОТ для выполнения аварийно-спасательных работ и ликвидации возгорания, многофункциональная управляемая дистанционно система LUF-60, мобильные роботы ЕЛЬ-4 (средний класс) и ЕЛЬ-10 (тяжелый класс).

Ответственной задачей является координирование действий робототехнических комплексов. Ее эффективное решение основано на использовании летательных аппаратов (беспилотных), выполняющих функции мониторинга и ретрансляции управляющих сигналов. Так, например, вертолетный комплекс БПЛА (тип – мультикоптер), аэростатический комплекс видеонаблюдения и связи ОКО-4 могут выполнять мониторинг площадей порядка 10 км². В качестве перспективных отечественных инновационных направлений следует выделить создание комплексов-авиаторов со встроенными сенсорными элементами для передачи состояния опасной зоны.

В большинстве случаев управление пожарными подразделениями осуществляется руководителем тушения пожара в экстремальных условиях, в условиях неопределенности и постоянно меняющихся условий внешней среды. Процессы управления сопровождаются неполной или недостоверной информацией о пожаре и его характеристиках, минимальным временным резервом для принятия решений по ликвидации пожара и его последствий, а также высокой степенью ответственности за принимаемые решения.

Для решения задач оперативного тушения пожаров, управления пожарными подразделениями разработано значительное число методов, моделей, обобщена статистическая и экспертная информация в этой области. На основе полученных результатов синтезированы автоматизированные системы поддержки принятия решений для руководителей тушения пожаров и системах их мониторинга.

Среди существующих систем можно выделить следующие программные решения. Так, автоматизированное рабочее место «Диспетчер» позволяет принимать информацию о возникновении пожара (заявка), формировать проект приказа на выезд пожарной техники и ее передислокации, получать информацию по водоисточникам и автоматизировать регистрацию всех процессов, связанных с работами на пожаре.

Автоматизированная система ГраФиС предназначена для автоматизированного конфигурирования схем расстановки сил и техники при ликвидации возгорания.

Интеллектуальная система поддержки принятия решений руководителя тушения пожара построенная на основе методов нечеткой логики и нейронных сетей реализует процессы принятия в условиях жесткого дефицита времени и дает возможность прогнозировать развитие пожара.

Совершенствование существующих и создание новых высокоэффективных технологий тушения пожаров, и их внедрение в практику применения позволит расширить возможности пожарных подразделений, решать более сложные задачи, улучшить защиту объектов народного хозяйства, природы и предотвратить гибель населения.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА КРАТНОСТЬ ПЕНЫ В РОЗЕТОЧНЫХ ОРОСИТЕЛЯХ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Лихоманов А.О., Говор Э.Г., Полочанин Н.С.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Характеристические числа, используемые для определения физического подобия турбулентных потоков, имеют в своем составе ряд переменных величин, характеризующих физико-химические свойства жидкости – плотность, коэффициент поверхностного натяжения, динамическую и кинематическую вязкости:

$$\text{Re} = \frac{uD_h}{\nu}; \quad \text{Oh} = \frac{\eta}{\sqrt{\sigma_s \rho D_h}}; \quad \text{We} = \frac{\rho D_h u^2}{\sigma_s},$$

где Re, Oh, We – характеристические числа Рейнольдса, Онезорге и Вебера соответственно;

u – характерная скорость струи, м/с;

D_h – гидравлический диаметр, м;

ν – кинематическая вязкость, м²/с;

η – динамическая вязкость среды, Па·с;

σ_s – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;

ρ – плотность, кг/м³.

При варьировании значений вышеперечисленных параметров изменяется характер истечения жидкости (ее средняя скорость, геометрия и структура струи). У рабочих растворов серийно выпускаемых пенообразователей для целей пожаротушения эти параметры практически идентичны и колеблются в узких диапазонах при нормальных условиях окружающей среды: $\rho = 1000\text{--}1020$ кг/м³, $\sigma_s = 0,029\text{--}0,032$ Н/м, $\eta = (9,0\text{--}9,4) \cdot 10^{-4}$ Па·с, $\nu = (0,89\text{--}1,00) \cdot 10^{-6}$ м²/с. Из этого следует, что при одинаковом давлении пенообразующего раствора перед штуцером оросителя для автоматических установок пожаротушения и при использовании штуцера с одинаковыми геометрическими параметрами проточного тракта характер истечения из него жидкости до удара о розетку идентичен при использовании разных типов и марок пенообразователей. Тем не менее, по результатам проведенных экспериментальных исследований [1] (табл. 1 и 2), видно, что кратность пены (отношение объема пены к объему раствора, из которого она получена) при использовании геометрически одинаковых оросителей отличается для разных пенообразователей. С учетом этого можно предположить, что качество пены, в частности ее кратность, зависит от химического состава пенообразователей и, соответственно, типа и характера химических реакций, происходящих в процессе пенообразования.

Таблица 1. Результаты определения кратности пены для разных марок и типов пенообразователей (по СТБ 2459-2016) при использовании одинаковой конфигурации оросителя.

Пенообразователь / тип	Синтек 6НС (6 %) / общего назначения	ПО-6РЗ (6 %) / общего назначения	ПО-РЗФ (6 %) / специального назначения
Кратность пены	5,8±0,2	8,2±0,2	5,3±0,2

Таблица 2. Результаты определения кратности пены для разных марок пенообразователей общего назначения (по СТБ 2459-2016) при использовании различных конфигураций оросителя.

№	Длина дужек, мм	Коэффициент рабочей поверхности розетки, %	Внешний диаметр розетки, мм	Угол конусности лопастей розетки, градус	Кратность пены		
					Синтек-6НС (6 %)	ОПС-0,4 (1 %)	ПО-6РЗ (6 %)
1	114	64	30	90	7,9±0,2	6,0±0,2	8,6±0,2
2	114	55	50	75	10,1±0,2	7,8±0,2	11,5±0,2
3	114	64	50	90	8,6±0,2	6,5±0,2	9,3±0,2
4	114	55	50	120	6,9±0,2	5,0±0,2	7,2±0,2
5	114	87	63	45	10,4±0,2	8,1±0,2	11,4±0,2
6	114	87	63	65	10,5±0,2	8,4±0,2	11,3±0,2
7	114	87	63	90	9,7±0,2	7,2±0,2	10,6±0,2
8	30	64	30	90	7,3±0,2	5,2±0,2	7,7±0,2
9	30	55	50	135	6,5±0,2	4,8±0,2	6,9±0,2
10	30	87	63	65	9,2±0,2	6,6±0,2	9,9±0,2
11	50	55	50	75	7,7±0,2	5,6±0,2	8,7±0,2
12	50	64	50	90	8,3±0,2	6,2±0,2	9,4±0,2
13	50	87	63	90	9,5±0,2	6,9±0,2	10,5±0,2

Следует отметить, что влияние природы реагентов в составе современных пенообразователей, а также их концентрации в рабочем растворе на параметры процесса образования пены слабо изучено, что, в частности, обусловлено отсутствием в открытых источниках данных о химическом составе представленных на рынке пенообразующих составов. В связи с этим для учета особенностей состава пенообразователей введен коэффициент $\gamma_{e,r}$, который определяется экспериментальным путем и рассчитывается как отношение кратности пены при использовании исследуемого пенообразователя ($K_{e,r}$) к кратности пены для эталонного пенообразователя (K_{st}). В качестве эталонного принят пенообразователь ПО-6РЗ (6 %), для которого $\gamma_{e,r} = 1$. На рисунке 1 представлена зависимости кратности пены при использовании пенообразователей Синтек-6НС (6 %) и ОПС-0,4 (1 %) от кратности пены для пенообразователя ПО-6РЗ (6 %). Графики на рисунке 1 построены по результатам экспериментов для 13 различных конфигураций розеточного оросителя (табл. 2). Таким образом, из рисунка 1 видно, что зависимость $K_{e,r}$ от K_{st} имеет линейный характер, что, стоит отметить, согласуется с результатами других исследователей [2]. В итоге можно установить значения коэффициента $\gamma_{e,r}$ для пенообразователей Синтек-6НС (6 %) и ОПС-0,4 (1 %): 0,92 и 0,68 соответственно.

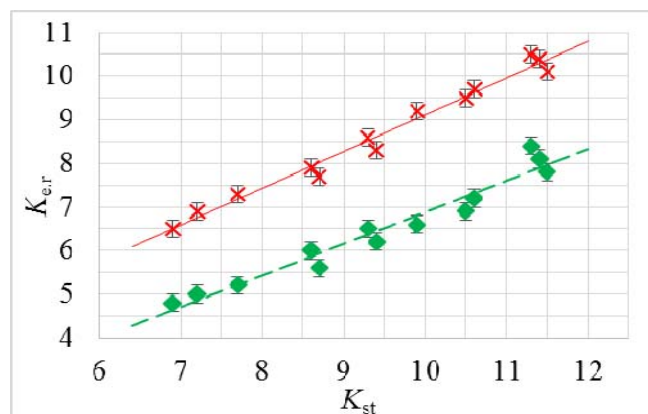


Рис. 1. Зависимость кратности пены при использовании пенообразователей Синтек-6НС (6 %) (сплошная линия тренда) и ОПС-0,4 (1 %) (пунктирная линия тренда) от кратности пены для пенообразователя ПО-6РЗ (6 %)

Подчеркнем, что в исследованиях использовался рабочий раствор пенообразователя, т.е. с рекомендуемой производителем концентрацией пенообразователя в водном растворе (указана в скобках в названии марки пенообразователя). При отклонении концентрации пенообразователя от рекомендуемой наблюдается существенное ухудшение пенообразования, качества и характеристик пены. По этой причине растворы пенообразователей с иной концентрацией активного компонента не рассматривались.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихоманов, А.О. Пенный розеточный ороситель с повышенной эффективностью тушения для автоматических установок пожаротушения: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.03 / А.О. Лихоманов; Ун-т гражданской защиты МЧС Беларуси. – Минск, 2021. – 26 с.
2. Качанов, И.В. Установки автоматического пожаротушения с предварительной аэрацией огнетушащей рабочей среды / И.В. Качанов, И.В. Карпенчук, С.Ю. Павлюков; Белорусский национальный технический университет. - Мн.: БНТУ, 2018. – 148 с.

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ И РОЛЬ ОРГАНОВ ГПН В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ

Лященко С.Ф., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В настоящее время для обеспечения пожарной безопасности в зданиях различного функционального назначения, значимую роль играет применение пожарной автоматики. Существуют различные методы обеспечения надежности в использование пожарной автоматики. Для каждой стадии разрабатываются планы на основе которых будет реализована система пожарной автоматики (далее – СПА) [1].

Стадия разработки технической документации на СПА. Устанавливаются нормируемые параметры эффективности: производительность. Для этого завод-изготовитель применяет: ТНПА, учитывает требования заказчиков к надежности разрабатываемого изделия.

Стадия конструирования СПА включает схемные и конструктивные методы и метод планирования эксплуатационных мероприятий. Схемные методы обеспечивают повышение надежности за счет сокращения схем, создания схем с автоматическим контролем работоспособности, резервирования наиболее ответственных частей. Конструктивные методы позволяют создавать надежные детали и элементы в целом; правильно подбирать рабочие параметры элементов; использовать унифицированные детали; учитывать требования по удобству обслуживания и ремонта элементов [2].

Планирование эксплуатационных мероприятий на стадии разработки пожарной автоматики состоит в разработке оптимальной системы технического обслуживания и ремонта.

На стадии производства СПА осуществляют следующие мероприятия: входной контроль комплектующих изделий; совершенствование технологии производства; автоматизацию технологических процессов изготовления деталей, сборки элементов и блоков; выходной контроль качества изделий службой технического контроля в соответствии с требованиями; статистическое регулирование качества продукции путем периодических заводских испытаний; «тренировку» элементов и блоков на заводских стендах до устранения отказов [1, 2].

На стадии эксплуатации СПА оценивается ее надежность, что позволяет разрабатывать и корректировать правила эксплуатации; выносить рекомендации по совершенствованию конструирования, изготовления, проектирования и монтажа СПА.

Основной задачей органов государственного пожарного надзора – государственный надзор за соблюдением требований технических регламентов Республики Беларусь, Таможенного союза и Евразийского экономического союза в области пожарной безопасности. Их деятельность основана на недопущения некачественной продукции на территорию государства. Для обеспечения защиты жизни и (или) здоровья населения, безопасности территории государства от пожара, а также для предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей устанавливают технические требования к продукции СПА, что в дальнейшем завод-изготовитель обязан провести оценку соответствия для данной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабуров В.П., Бабуринов В.В., Фомин В.И., Смирнов В.И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 298 с.
2. Технический регламент ЕАЭС «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» ТР ЕАЭС 043/2017.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОИСКА ПОСТРАДАВШИХ В ЗАДЫМЛЕННОЙ СРЕДЕ

Мокшанцев А.В., Лысов А.А.

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

В городах превалирует высотная застройка, для которой характерна быстрое развитие пожара по вертикали и большая сложность обеспечения эвакуации и спасательных работ. Продукты горения заполняют эвакуационные выходы, лифтовые шахты, лестничные клетки. Скорость распространения дыма и ядовитых газов по вертикали может достигать нескольких десятков метров в минуту. Поэтому вопросы разработки и использования программно-аппаратных комплексов для поиска пострадавших в задымленной среде является достаточно актуальным.

Согласно ст. 9 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» к опасным факторам пожара, которые определяются как факторы, воздействие которых приводит к травме, отравлению или гибели человека, а также к материальному ущербу, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму.

Использование программно-аппаратных комплексов для поиска пострадавших в задымленной среде минимизирует пять из шести опасных факторов пожара, которые оказывают непосредственное негативное влияние на пожарных при тушении.

Помимо пламя и искр, на которые программно-аппаратные комплексы для поиска пострадавших в задымленной среде не могут оказать влияния, иные опасные факторы пожара напрямую или опосредованно могут быть спрогнозированы

Тепловой поток и повышенная температура окружающей среды

Быстрое повышение температуры при пожаре (выше 100 С) позволяет пострадавшим время на эвакуацию пределах 20 минут. Свыше указанного предела, органы, наиболее чувствительные к воздействию высоких температур: рецепторы (кожа, слизистая носа и глаз), а также дыхательная система начинают необратимо повреждаться, что приводит к неминуемой смерти. 150 С недопустимый температурный предел для человеческого организма, при котором наступает мгновенный ожег дыхательных путей и как следствие - смерть. При нагревании температуры окружающей среды внутри пожара до 60 С, человеческий организм способен сопротивляться ее воздействию не более часа.

Если у пострадавших, не готовых к чрезвычайной ситуации нет средств обезопасить себя от указанного фактора пожара, то у спасателей эти средства в наличии. В пример можно привести тепловизоры или программно-аппаратные комплексы, которые позволяют оценить обстановку на месте и тем самым сохранить жизнь пожарного и спасти пострадавших.

Повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения

Указанный вторичный фактор пожара опасен тем, что термическое разложение горящих предметов сопровождается выделением токсичных веществ. Пожалуй, в настоящий момент он представляет крайнюю опасность при возгорании, так как в помещениях всегда наблюдается обилие крайне токсичных при горении материалов: ламинат, линолеум, натяжные потолки, пластиковые окна и т.д. и не всегда они отвечают должному классу огнестойкости. Их высокая концентрация в пределах замкнутого пространства вызывает мгновенное отравляющее воздействие за счет предельно допустимого для жизни уровня угарного газа.

Самым токсичным продуктом горения является угарный газ (СО), который входит в состав дыма и выделяющийся при воздействии высоких (горючих) температур практически во всех веществах и материалах. Когда приток кислорода в зону горения недостаточен, СО начинает обладать крайне токсичным действием.

Признаками отравления угарным газом являются снижение зрения и слуха, головная боль, координации и мыслительных функций и точности движений, головокружение, которые со снижением уровня кислорода только прогрессируют.

Концентрация газа в пределах 0,32 % человек уже теряет сознания, а смерть наступает в течение получаса. Числовое значение 1,2 % является фатальным и смерть наступает в течении 3 минут.

Именно для минимизации отравляющих веществ применяются программно-аппаратные комплексы, которые защищают пожарных от воздействия СО и позволяют исполнять свои обязанности в условиях повышенной концентрации токсичных продуктов горения, что позволяет выиграть драгоценные минуты для спасения жизней пострадавших.

Пониженная концентрация кислорода

Пониженная концентрация кислорода при горении, даже минимальная, негативно сказывается на состоянии пострадавших. Падения содержания кислорода даже на 17% замедляет реакции и двигательную активность, нарушает координацию, снижает внимание, что мешает процессу критического мышления, адекватной оценки обстановки и увеличивает время эвакуации, как самостоятельной, так и выполнение команд пожарных. Программно-аппаратные комплексы, состоящие на вооружении у пожарно-спасательных отрядов способны уменьшить критическое время принятия решения об особенностях эвакуации пострадавших, тем самым увеличить шансы на их спасение.

Снижение видимости в дыму

Отсутствие ориентации в пространстве пожара часто становится фатальным для пострадавшего и может вызвать трудности в эвакуации,

особенно если человек находится в здании впервые. Но даже если помещение пострадавшему знакомо, паника помноженная на отсутствие видимости способно привести к непродуманным реакциям. Помимо прочего, дым, в составе которого содержатся тлеющие частицы, может вызвать ожог слизистых и раздражение глаз.

В настоящее время основным средством индивидуальной защиты (СИЗ) пожарно-спасателей являются защитные маски различных производителей с сопряженным баллоном воздушно-дыхательной смеси, обеспечивающей первичные потребности спасателя по защите от НДС и обеспечению дыхания. Основным дополнительным средством дооснащения является ларингофон позволяющий производить общение членам спасательных звеньев посредством радиосвязи.

Основной проблемой, в настоящее время, является крайне сложное ориентирование при использовании существующих СИЗ, выраженное в невозможности визуального анализа и отсутствии контроля окружающей обстановки в условиях задымления (дальность видимости не превышает 1м). Спасатели вынуждены работать на расстоянии вытянутой руки друг от друга, осуществлять обход на ощупь с целью поиска пострадавших, что несет высокие риски собственной жизни спасателя вследствие невозможности оперативного визуального ориентирования в условиях задымления и изменяющейся обстановки.

В настоящий момент на рынке присутствуют ряд решений:

1. Scott Sight
2. MSA G1 ITIC
3. Seek Fire Pro (не интегрированный вариант)
4. Flir Thermal Imaging Camera (не интегрированный вариант) Отдельно носимый прибор, занимающий руки спасателя
5. ИК-Бранд 160 ПС

Наиболее современным решением является система Scott Sight, однако она не предлагает возможностей по созданию полноценной среды дополненной реальности решая единственную задачу по тепловизионному обзору окружающей обстановки.

Однако, недостатком указанного оборудования является отсутствие конструктивного решения по обработке изображения и предоставлению какой-либо дополнительной информации об окружающей обстановке и положению участников спасательного звена.

В настоящий момент, ООО «Системы Дополненной Реальности» реализует проект «ОКО» и предлагает оснастить оборудование техническими приспособлениями, которые облегчат бойцам спасательных подразделений выполнение задач по спасению пострадавших и тушению возгораний:

1. Выделение контуров пострадавших, дверных и оконных проемов (при наличии характерных признаков).
2. Ориентирование звеньев спасения в помещениях и запоминание пути (уменьшение времени поиска и увеличение проверяемой площади).
3. Связь в звене и между звеньями спасениями и их взаимное ориентирование (снижение вероятности разрыва звена и потери ориентации).

4. Увеличенное разрешение тепловизионной части до 320x240 (240x320).
5. Интеграция в маску, реализация принципа «свободные руки».
6. Модульность (возможность модернизации и быстрого ремонта за счет замены поврежденных модулей).
7. Выделение возможных очагов и информирование об опасной температуре.
8. «Электронный Пост безопасности» (локальное местонахождение звена, температура, расход воздуха в звене, пройденные пути).

Неоспоримым плюсом указанного проекта является тот факт, что этот прибор является дополнением к уже существующему на вооружении, пожарной техники, специальных законодательных ограничений на его разработку не требуется и производство подобного оборудования, не требуется специализированных лицензий на проведение работ, т.к. проект «ОКО» не предполагает внесение конструктивных изменений в используемые СИЗ и не требует согласования с производителем СИЗ и является дополнительным навесным оборудованием.

Указанный фактор имеет под собой несомненную экономическую привлекательность и быстроту внедрения указанного-программно-аппаратного комплекса в систему вооружения пожарно-спасательных отрядов.

Таким образом, можно сделать вывод, что несмотря на то, что вопросы разработки и использования программно-аппаратных комплексов для поиска пострадавших в задымленной среде является достаточно проработанными с тактической точки зрения, так как на вооружении пожарно-спасательных отрядов имеется указанное оборудование, необходимо постоянно улучшать его конструктивные свойства, для того, чтобы иметь возможность для более эффективного спасения пострадавших при пожаре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик. – М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2019. – 411
2. Тактическая подготовка должностных лиц органов управления сил и средств на пожаре / под ред. В.А. Грачев, В.В. Терещнев, А.В. Терещнев, А.В.
3. Подгрушный. – М: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 476 с;
4. Терещнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В. Терещнев. – М.: ПожКнига, 2018. – 248 с

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА «ПОВЕДЕНИЕ В ТОЛПЕ»

Нечаева А.Ю., Пармон В.В., Навроцкий О.Д.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

В процессе жизнедеятельности человек подвергается воздействию различных опасностей, формируемых не только окружающей средой, но и самим человеком. Одним из примеров может быть массовое скопление

людей. Чаще всего, это происходит при проведении мероприятий (концертов, праздников, митингов, шествий, спортивных, религиозных и т.д.) на ограниченной территории: площади, улице, развлекательных учреждениях. Связь между массовым скоплением людей и безопасностью на глобальном уровне в настоящее время становится более явной, поскольку привлекают к себе все большее и большее количество людей.

Формирование культуры безопасности жизнедеятельности различных слоев населения является значимым критерием в области развития современного общества. При этом безопасность представляет собой особую ценность и является одним из важнейших факторов, как в индивидуальном, так и в общественном сознании. Пренебрежение мерами безопасности приводит к тенденции увеличения количества всевозможных угроз и опасностей. [1,2]

На сегодняшний день в Республике Беларусь действуют 9 образовательных центров безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. В центрах используются современные информационные технологии (программно-аппаратные комплексы, тренажеры, симуляторы с интерактивными образовательными зонами, стенды и т.д.). Применяемая методика обучения заключается в погружении посетителей в среду, имитирующую чрезвычайную ситуацию и изучение материала за счет повышения эмоционального воздействия моделируемой обстановки. Данный подход позволяет провести обучение максимального количества людей в минимальные сроки. [3]

Опираясь на уже изученные и используемые тренажерные комплексы, нами разрабатывается тренажерный комплекс «Поведение в толпе», который позволит повысить эффективность формирования культуры безопасности жизнедеятельности различных слоев населения, путем применения методов интерактивного обучения основам безопасности поведения в местах массового скопления людей, где возможно образование движущейся толпы.

Создаваемый тренажер моделирует условия, в которых оказывается человек при попадании в движущуюся толпу. Задачей тренажера является воспроизведение возникающих в толпе опасных ситуаций с целью формирования у человека правильных сценариев поведения. Воспроизводимые негативные сценарии позволяют в безопасной среде познакомить пользователя с последствиями наиболее частых ошибок, совершаемых людьми в движущейся толпе.

Тренажерный комплекс состоит из объемной конструкции, которая перемещается в пространстве по определенному алгоритму в виде безопасных для обучающихся подвешенных манекенов, с целью имитации передвигающейся толпы, системы визуализации, системы создания световых и объемных звуковых эффектов (рисунок 1). Подвесные элементы имитации толпы выполнены из износостойкого материала. Управление тренажером происходит с помощью центрального персонального компьютера (далее – ЦПК). ЦПК контролирует систему визуализации, систему создания световых объемных звуковых эффектов, генерирует видеоряд для системы визуализации, регулирует положение каретки подвижного элемента каркаса с элементами имитации толпы. Для зрителя организована интерактивная проекция на стену рядом с комплексом. Проекция изображает проходящую толпу людей. Для

организации обучающихся предусмотрены подвижные заградительные элементы, позволяющие оперативно менять маршрут перемещения экскурсии для формирования группы. Телевизор возле стенда предназначен для воспроизведения обучающей информации. Управление работой стенда происходит с помощью планшетного персонального компьютера (далее – ПК). В программном обеспечении (далее – ПО) присутствует возможность установки скорости перемещения каретки, запуска и остановки.

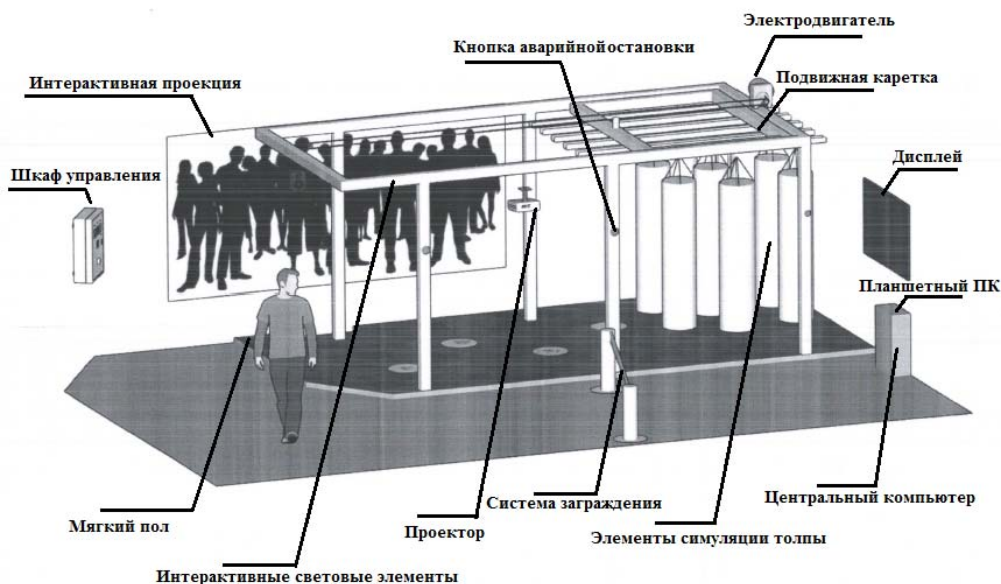


Рис. 1. Тренажерный комплекс «Поведение в толпе»

Принцип действия тренажера заключается в проработке сценария, которым управляет Администратор. Администратор запускает ПО на ПК, включает телевизор и проектор, запускает шкаф электропривода и начинает обучающий процесс.

Игрок становится на стартовую линию перед входом в стенд. При запуске стенда включается основная подсветка и звук толпы на 30% громкости. Пример текста: «Тут большая толпа, но нам нужно пройти! Спрячь то, чем ты можешь зацепиться. Прижми локти к груди и двигайся по диагонали к выходу». [3-7]

Администратор смотрит как игрок справился с частью задания и поправляет его в случае необходимости. После того как игрок займет место в эмитируемой толпе, Администратор продолжает игру. Звуком сообщается о продолжении игры. Пример текста: «Тогда пошли».

С этого момента, громкость толпы становится 100% создавая эффект присутствия. При прохождении игры на полу стенда выводятся разного рода ситуации, привлекающие внимание подсветкой для провоцирования обучающихся, совершить неправильное действие. Звуковое сопровождение провоцирует игрока на действия, которые нельзя делать в толпе сопровождая одним из вариантов текста:

- «Эй, ты уронил свои ключи!»;
- «Смотри у тебя упал телефон!»;

- «Эй, ты уронил свою сумку!»;
- «Подними свой кошелек!»;
- «Эй, ты что-то уронил посмотри назад!».

В случае падения игрока Администратор смотрит на его действия, если у игрока не получилось подняться или он свернулся калачиком, то Администратор останавливает игровой процесс. При успешном прохождении игры Администратор включает победную запись: «Поздравляю у тебя получилось! Теперь ты будешь знать, как вести себя в толпе!»

С целью предотвращения травматизма при использовании тренажерного комплекса пол и манекены выполнены из упругих и мягких материалов. Также стенд оборудован ограждениями для безопасности участника и предотвращения прохождения внутрь зрителей, находящихся рядом с тренажером.

Таким образом, тренажерный комплекс «Поведение в толпе» моделирует условия, в которых оказывается человек при попадании в движущуюся толпу, воспроизводит возникающие в толпе опасные ситуации, формирует у человека правильные сценарии поведения, а также указывает на наиболее частые ошибки, совершаемые людьми в движущейся толпе.

Разработка тренажерного комплекса «Поведение в толпе» позволит повысить эффективность обучения различных слоев населения основам поведения в толпе за счет применения иммерсивных технологий – погружения в искусственно созданную имитацию чрезвычайной ситуации (толпы в местах скопления людей) с помощью автоматизированных интерактивных средств имитации происшествий.

В процессе доработки тренажерного комплекса будет предусмотрена возможность изменять голосовые команды и звуковое сопровождение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности: [учебник для вузов] / Л.А. Михайлов [и др.] ; под ред. Л.А. Михайлова. – 2-е изд. – СПб. [и др.] : Питер, 2012. – 460 с.
2. Белое, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для бакалавров / С.В. Белов. – М.: Юрайт, 2013. – 682 с.
3. Парчук, Е.И. Применение в Республике Беларусь инновационных технологий в обучении детей основам безопасности жизнедеятельности / Пожарная безопасность – научно-технический журнал – 2018 – №1 – 191 с.
4. Парчук, Е.И. Организация обучения населения основам безопасного поведения в центрах безопасности / Е.И. Парчук // Актуальные проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях: сб. материалов республиканской научно-практической конференции: – Минск: УГЗ, 2018. – С. 210-213.
5. Абдыкеров, Ж.С. Геймификация в образовании / Ж.С. Абдыкеров, Д.А. Антипов // Высш. образование сегодня. – 2018. – № 2. – С. 24-27.
6. Абдыкеров, Ж.С. Игровые технологии как инструмент мотивации и повышения качества подготовки студентов / Ж.С. Абдыкеров, О.М. Замятина, П.И. Мозгалева // Высш. образование сегодня. – 2017. – № 5. – С. 20-25.

7. Камка, С. Игрофикация образования / С. Камка, Г. Дагаев, П. Шмарова // Директор шк. – 2018. – № 5. – С. 52–57.
8. Разработать аппаратно-программные комплексы, обучающие тренажеры и методическое обеспечение для создания инновационно-образовательного центра безопасности с использованием моделирования чрезвычайных ситуаций на основе современных информационных технологий [Текст]: отчет о НИР / НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси. – Мн., 2014 – 186с.

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ СИСТЕМЫ НА БОРТУ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Попко Е.Р., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Все пилотируемые летательные аппараты являются сложными, дорогостоящими и чрезвычайно опасными в пожарном отношении транспортными средствами. Ввиду больших запасов топлива (авиационного керосина) на борту, гидравлической жидкости под высоким давлением, разнообразных масел и спецжидкостей, запасов жидкого или газообразного кислорода, огромного количества электрических и электронных систем, нередко под высоким напряжением, наконец, магниевых сплавов и пластмасс - самолет при пожаре может сгореть за считанные минуты, что смертельно опасно в полете. Поэтому летательные аппараты оборудованы системами автоматического пожаротушения [1].

Особо стоит отметить боевые летательные аппараты, изначально предназначенные для действий в условиях огневого воздействия противника. На них, как правило, ППС еще более сложная и разветвленная, чем на пассажирских лайнерах.

Пожар (или взрыв) на борту самолета может возникнуть в результате [2]:
утечки и попадания на нагретые элементы конструкции горючих жидкостей из топливной, масляной и гидравлической систем;
разрушения двигателя;
разрядов статического электричества внутри топливных баков;
поражения молнией;
боевого поражения самолета.

Тушение пожара на борту осложняется тем, что прямой доступ человека в зону пожара во многих случаях невозможен, поэтому комплекс средств противопожарной защиты самолета включает:

пассивные средства (конструктивные мероприятия);
активные средства – противопожарные системы (ППС).

Рассмотрим подробнее противопожарные системы, которые обеспечивают выявление очага пожара и подавление его.

Выявление очага пожара, подача светового и звукового сигнала экипажу и автоматическое включение средств пожаротушения – функции системы

сигнализации о пожаре, датчики которой устанавливаются в наиболее пожароопасных отсеках, на современных летательных аппаратах это, как правило, отсеки основных и вспомогательных силовых установок[3-4].

Тепловые датчики ППС реагируют на повышение или превышение некоторого предельного значения температуры в контролируемом отсеке. Ионизационные датчики реагируют на повышение ионизации воздуха при появлении пламени. Радиационные (световые) датчики срабатывают при появлении пламени или дыма, реагируя на излучение пламени в инфракрасной части спектра или на рассеяние появившимся дымом света сигнальных ламп.

Физика процессов горения определяет способы борьбы с пожаром: снижение концентрации кислорода в очаге горения применением нейтральных газов (обезвоженной углекислоты, азота и др.), отвод тепла от очага горения применением веществ, вступающих в химические реакции с продуктами горения со значительным поглощением тепла, существенно понижающих температуру и ухудшающих условия горения. Это фреоны или хладоны – галогенсодержащие органические соединения на основе фтора, брома.

Средства пожаротушения ППС обеспечивают хранение и подачу огнегасящего состава в зону пожара, а также служат для его предупреждения в случае аварийной посадки самолета с убранными шасси.

ППС гражданских самолетов имеет не менее двух-трех очередей подачи огнегасящего состава в пожароопасные зоны. При этом первая очередь подачи огнегасящего состава включается автоматически. Включение последующих очередей осуществляется только лично членом экипажа.

На боевых маневренных самолетах обычно используются полностью автоматические ППС, состоящие из одной очереди подачи, что, с одной стороны, объясняется жестким лимитом массы, которую на боевом самолете целесообразнее использовать на системы наступательного и оборонительного вооружения, а с другой – возможностью экипажа покинуть аварийную машину [2-4].

Наиболее широко применяются баллонные ППС, когда запас огнегасящего состава в жидком или газообразном состоянии хранится в баллонах (огнетушителях) высокого давления.

Датчики системы сигнализации установлены в разных частях гондолы. При увеличении температуры внутри гондолы со скоростью не менее 2°С в секунду и одновременном нагреве датчиков до температуры 150°С они подают управляющий сигнал на исполнительный блок, который автоматически включает в работу первую очередь огнетушителей.

Аналогично работает система тушения пожара внутри двигателей от двух огнетушителей с пиротехническим пусковым устройством, которые разряжаются в две очереди через блоки электромагнитных кранов, которыми управляет экипаж по сигналам датчиков о пожаре в двигателе [4].

Для предотвращения возникновения пожара в гондолах двигателей при посадке с убранными шасси или при поломке одной из ног шасси ударные механизмы, установленные в носовой части фюзеляжа, на стойках основных ног шасси и на консолях крыла, подают сигнал на пиропатроны огнетушителей.

Все шесть огнетушителей разряжаются в мотогондолы, создавая там среду, предотвращающую горение.

Центральный топливный бак оборудован системой предотвращения взрыва, обеспечивающей подачу хладона в надтопливное пространство через распылительный коллектор от огнетушителей. Система предотвращения взрыва включается вручную из кабины экипажа при возникновении пожара в отсеке шасси, расположенном за центральным баком, или перед посадкой с убраным шасси. Если экипаж ошибочно не включил систему, она включается автоматически по сигналам ударных механизмов.

Хладоновые системы защиты топливных баков от взрыва постоянного действия подают хладон в надтопливное пространство всех баков, где он смешивается с воздухом, поступающим от системы кондиционирования воздуха, и поддерживают на протяжении всего полета заданную концентрацию этой смеси в зависимости от условий полета и расхода топлива [2-4].

Отметим, что экспериментально отработана автоматическая система подавления взрыва, которая на протяжении всего полета должна находиться в дежурном состоянии, но реагирует на начало взрыва и подавляет его. Свет от зарождающегося взрыва воспринимается датчиком, который передает сигнал на пирогазгидравлическую пушку, впрыскивающую в защищаемый объем распыленный факел хладона. Высокое быстродействие всей системы обеспечивает нейтрализацию хладоном топливовоздушной смеси в баке, предотвращая развитие процесса взрыва.

Комплекс методов и бортовых средств защиты от пожара и взрыва определяется на самых ранних стадиях проектирования самолета с учетом эффективности, надежности, массы всех элементов системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Противопожарные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://oat.mai.ru/book/glava15/15_3_2/15_3_2.htm. – Дата доступа: 06.12.2021.
2. Системы пожаротушения самолетов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-pozharotusheniya-samoletov>. – Дата доступа: 06.12.2021.
3. Летательные аппараты, модули авиационные пожарные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pozhproekt.ru/nsis/KatalogPTP/Special/Parts/Raz_7/Raz_7_7/w77.htm. – Дата доступа: 06.12.2021.
4. Система пожарной защиты самолета Ту-154М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=75252>. – Дата доступа: 06.12.2021.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ: ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ИННОВАЦИИ

Цамарков А.Н.

Государственное учреждение образования Движковский ясли-сад-базовая школа Ельского района

Особое значение в современных условиях имеет обеспечение безопасности объектов особой важности, повышенной опасности и жизнеобеспечения (критически важных объектов – КВО). Захват, повреждение, вывод из строя или нарушение функционирования таких объектов и перевозимых специальных грузов чреваты крайне негативными последствиями и могут нанести крупный или невосполнимый ущерб государству и обществу. [1]

На основании изучения перспектив развития как отечественных, так и зарубежных средств безопасности можно утверждать, что для обеспечения безопасности КВО наилучшим образом подходят интегрированные системы безопасности (ИСБ), которые представляют собой объединение на единой программно-аппаратной основе систем охранно-пожарной сигнализации (ОПС), видеонаблюдения – охранного телевидения (СОТ) и контроля доступа (СКУД). ИСБ предназначены для решения вопросов обеспечения безопасности крупных и средних объектов, объектов особой важности и повышенной опасности, объектов кредитно-финансовой сферы и позволяют решать на новом качественном уровне задачи по обеспечению безопасности объектов. Современные технологии позволяют создавать, разрабатывать и внедрять в серийное производство интегрированные системы [2].

Эти современные ИСБ обеспечивают:

- модульную структуру, позволяющую оптимально оборудовать как малые, так и очень большие распределенные объекты;
- контроль и управление доступом через точки входа (двери, турникеты, шлюзы, шлагбаумы);
- видеонаблюдение, видеоконтроль и видеорегистрацию тревожных ситуаций;
- управление установками пожарной автоматики;
- управление инженерными системами здания (кондиционирования, отопления, вентиляции, оповещения, аварийной сигнализации);
- защищенный протокол обмена по каналам связи, имитостойкие шлейфы сигнализации;
- возможность использования для взятия под охрану/снятия с охраны дистанционных радиокарт и электронных ключей;
- речевое предупреждение дежурного о тревожных событиях, возможность записи и воспроизведения речевых сообщений;
- отображение состояний зон, разделов, точек доступа, приемно-контрольных приборов, считывающих устройств, видеокамер на графических планах помещений с подробными текстовыми пояснениями;

- разграничение полномочий дежурных, операторов, администраторов за счет многоуровневой системы паролей и возможность подключения биометрических систем ограничения доступа к программам АРМ;
- протоколирование всех событий, происходящих в системе;
- развитую диагностику работоспособности всех блоков и устройств системы;
- удаленную передачу данных и защиту информации по различным каналам (выделенным проводным, телефонным через модемы, оптоволоконным, радиоканалам, каналам сотовой связи, цифровым сетям ISDN).

Кроме этого, ИСБ позволяют оптимальным образом сократить людские и материальные ресурсы, а также финансовые затраты (в том числе бюджетные) на оборудование объектов, эксплуатацию аппаратуры и содержание охранников. Технические возможности ИСБ позволяют определить дальнейшие перспективы их развития – интеграция с другими системами автоматизации и расширение видов и количества угроз, защита от которых обеспечивается с помощью ИСБ. Тенденция дальнейшей интеграции – объединение ИСБ с системами автоматизации и управления инженерными системами здания или объекта. Это дает возможность построения комплексов, в которых автоматизация и управления инженерными системами объекта тесно связана с обеспечением безопасности как собственно объекта, так и человека от различных видов угроз, которые могут возникнуть на объекте в результате его функционирования. Взаимосвязь с системами жизнеобеспечения в этом случае позволяет эффективно и экономично выполнять функциональные задачи. Такие системы, по сути, представляют собой полноценные автоматизированные системы управления функционированием, жизнеобеспечением и безопасностью объекта (АСУ ФЖБ). ИСБ представляет собой сложную техническую систему, и при ее создании приходится использовать различное оборудование как по функциональному назначению, так и оборудование разных производителей. При этом всегда встает задача совместимости оборудования. Причем она включает в себя две составляющие. Первая – это задача обеспечения взаимодействия оборудования различных подсистем, объединенных в ИСБ. Вторая – совместимость оборудования разных производителей. Эти задачи должны быть решены на этапе проектирования ИСБ и могут быть оптимизированы в рамках выбора способа (платформы) интеграции. Принципы проектирования ИСБ во многом определяются способом интеграции, который можно разбить на четыре основных уровня (платформы интеграции):

1) интеграция на проектном уровне (проектная платформа) – объединение разнородного оборудования, специально не предназначенного для построения ИСБ, только на этапе проектирования системы;

2) интеграция на программном уровне (программная платформа) – объединение оборудования разных производителей на базе специально разработанного для интеграции программного продукта и управления системой на базе ПЭВМ общего назначения или ЛВС ПЭВМ;

3) интеграция на аппаратно-программном уровне (аппаратно-программная платформа) – объединение оборудования и программного

продукта единого производителя и управления системой на базе ПЭВМ общего назначения или ЛВС ПЭВМ;

4) интеграция на аппаратном уровне (аппаратная платформа) – объединение оборудования и программного продукта единого производителя и управления системой без использования ПЭВМ общего назначения на основе специализированных высокопроизводительных контроллеров и ЛВС на их основе [4].

Особо следует отметить интеграцию в ИСБ подсистемы видеонаблюдения (системы охранного телевидения). Причем следует, прежде всего, рассматривать цифровые технологии в СОТ как наиболее перспективные. Особенности интеграции СОТ связаны с тем, что для передачи и обработки видеоданных в цифровых СОТ требуются значительные вычислительные и информационные ресурсы, поэтому реализация цифровых СОТ в ИСБ возможна только на верхнем уровне управления на базе ПЭВМ или ЛВС ПЭВМ. Общим недостатком первых трех платформ интеграции является использование на верхнем уровне управления ИСБ персональных компьютеров общего назначения. Известно, что ПЭВМ и базовое ПО общего назначения (операционные системы, системы управления базами данных и др.) предназначены в основном для офисного и бытового применения. Они обладают излишней функциональностью (мультимедийные, игровые и другие возможности бытовых и офисных ПЭВМ) и недостаточной надежностью для решения задач автоматизации управления системами, в особенности системами безопасности. Для использования в ИСБ необходимо применять специализированные промышленные ПЭВМ и соответствующее специализированное базовое ПО. Однако стоимость такого решения существенно выше. Аппаратная платформа интеграции – относительно новое направление развития принципов построения ИСБ. При разработке данного направления ставилась задача устранения общего недостатка других методов интеграции, то есть отказ от использования в ИСБ на всех уровнях ПЭВМ общего назначения. Аппаратный способ интеграции – на основе оборудования без участия ПЭВМ – обеспечивает максимальную надежность и быстродействие системы. Для замены ПЭВМ в составе ИСБ на верхнем уровне управления используется специально разработанный для этой цели универсальный контроллер с высокими вычислительными возможностями. Такой контроллер может служить основой для создания интегрированных систем комплексной безопасности и жизнеобеспечения. Особенность аппаратной платформы заключается в том, что все элементы интегрированной системы безопасности, включая функционал верхнего уровня (АРМ оператора), реализованы в одном приборе по технологии System In Box.[5] Прибор должен обеспечивать непосредственное подключение и реализацию алгоритмов функционирования всех подсистем ИСБ: охранная и пожарная сигнализация, управление исполнительными устройствами, управление пожаротушением, контроль и управление доступом, видеонаблюдение, диспетчеризация и технологический мониторинг. И, главное, должна обеспечиваться возможность организации АРМ оператора системы без использования

дополнительного компьютера: графический монитор, клавиатура, мышь должны подключаться непосредственно к прибору.

Аппаратная платформа – важный шаг в развитии комплексных систем безопасности. Сфера ее применения чрезвычайно обширна – от противопожарной охраны квартиры до обеспечения безопасности важнейших государственных объектов особой важности и повышенной опасности, а также:

- применение в крупных комплексных системах безопасности в качестве интегрированного контроллера, на который сводятся все подсистемы логически выделенной части объекта охраны;

- применение в интегрированных распределенных системах в качестве аппаратной платформы отдельного объекта;

- построение компактных, но в то же время многофункциональных систем безопасности и жизнеобеспечения, где использование ПЭВМ экономически и функционально не оправдано;

- профессиональное решение для адресно-аналоговых пожарных панелей со встроенным графическим интерфейсом;

- профессиональное решение для высокопроизводительных сетевых контроллеров СКУД.

Эти системы активно развиваются и в них появляются новые технологии. В области СКУД – идентификация радиочастотная – дистанционная, биометрическая, идентификация транспорта. Сопряжение СКУД с ИСБ дает новые качества для обеспечения безопасности. Применение в СКУД новых преграждающих устройств повышенной степени защиты (полноростовые турникеты, шлюзы и т.д.). В области СОТ – цифровые технологии и интеграция в ИСБ позволяют значительно повысить эффективность телевизионных систем наблюдения.

Особое значение в охране КВО объектов имеют средства охраны периметра. Периметр играет роль первого рубежа обороны объекта и должен быть оборудован соответствующим образом. Интеграция периметровых средств сигнализации в ИСБ также позволяет оптимально обеспечить защиту объекта, учитывая, что на периметре должны быть сосредоточены инженерно-технические средства защиты, средства обнаружения, средства контроля доступа (КПП), средства телевизионного наблюдения.

На основании анализа развития ИСБ на современном этапе можно отметить следующие тенденции:

1. Стремительный прогресс развития СОТ в системах безопасности требует значительного увеличения пропускной способности каналов передачи данных. Это дает возможность передавать по этим каналам и другую информацию в системах безопасности (объемы этой информации значительно меньше, чем СОТ). Поэтому СОТ становится в основе ИСБ. Поэтому в качестве каналов связи – IP-сети.

2. Расширение возможностей ИСБ в удаленной передаче данных – создание на основе ИСБ мониторинговых систем безопасности территориально распределенных объектов (ИСБ+СПИ). В соответствии с этим – использование для удаленной передачи данных современных цифровых каналов (с учетом

передачи видео) - ВОЛС, интернет, GSM/GPRS, спутниковые каналы, проводные каналы ГТС в режимах использования технологий xDSL. С учетом использования нескольких каналов для обеспечения надежности и резервирования, а также с необходимой защитой информации.

3. Тенденция «разинтеграции» – предоставление заказчику возможности построения на основе, входящих в состав ИСБ компонентов, создания отдельных подсистем – СКУД, СОТ, СПС, СОС, АСПТ и др. с характеристиками не хуже, чем у специальных аналогичных по назначению систем.

4. Использование беспроводных каналов передачи данных на нижних сетевых уровнях (беспроводные извещатели и др.).

5. Еще одним из перспективных направлений в развитии ИСБ является переход в построении верхнего уровня управления в ИСБ от стандартных компьютеров к специализированным универсальным многофункциональным контроллерам – аппаратная платформа интеграции. Это позволяет значительно повысить надежность системы в целом.[6]

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворона, В.А. Комплексные (интегрированные) системы обеспечения безопасности / В.А. Ворона, В.А. Тихонов. – М.: ГЛТ, 2013. – 160 с.
2. Бадагуев, Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения / Б.Т. Бадагуев. – М.: Альфа-Пресс, 2018. – 488 с.
3. Михайлов, Ю.М. Пожарная безопасность учреждений социального обслуживания / Ю.М. Михайлов. – М.: Альфа-Пресс, 2018. – 120 с.
4. Пасютина, О.В. Безопасность труда и пожарная безопасность при механической обработке металла на станках и линиях: Учебное пособие / О.В. Пасютина. – Мн.: РИПО, 2018 – 108 с.
5. Смирнов, С.Н. Противопожарная безопасность / С.Н. Смирнов. – М.: ДиС, 2010. – 144 с.
6. Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие / С.В. Собурь. – М.: ПожКнига, 2017. – 480 с.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ КАК УНИВЕРСАЛЬНОГО СРЕДСТВА ОПОВЕЩЕНИЯ

Шемет П.Н., Бандолик Н.Н.

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

Пожарный извещатель – техническое средство, которое устанавливается непосредственно на защищаемом объекте для передачи тревожного извещения о пожаре на пожарный приемно-контрольный прибор и/или оповещения и отображения информации об обнаружении загораний [1].

Тревожное извещение является сигналом, который возникает, например, в результате воздействия малой части выделяемого тепла пожара на чувствительный элемент. Носителями информации могут являться процессы теплопроводности, диффузии, течения жидкости и газа. Запах дыма, предупреждающий о опасности пожара, передается диффузией или током воздуха.

Данные понятия позволяют нам сделать вывод о том, что извещатели являются самыми важными элементами систем пожарной сигнализации. Именно они определяют возможности и характеристики системы в целом.

Самые первые оповещения о пожарах были ручными – люди использовали трещотки, громко били палками, кричали, дули в горн или звонили в колокола. Это медленный, неэффективный способ, который существовал только в небольших городах с невысокими зданиями [2, 3].

С развитием городов стали строить «каланчи» – наблюдательные башни дежурных полицейских, которые днем и ночью отслеживали пожары. Они использовали подзорные трубы, но в крупных городах, ночью или при плохой погоде определить точное местоположение возгорания было сложно. Скорость связи с пожарными также оставляла желать лучшего.

Продолжалось это вплоть до изобретения телеграфного аппарата. Его активно начали использовать с 1850-х годов. Таким образом информация о пожаре передавалась во все части города за 5 минут. Бригада могла быстро среагировать и отправиться на вызов.

Немного позже широкое распространение получили ручные извещатели, которые использовались для вызова пожарных на место пожара. К 1900 году в Лондоне были установлены 675 ручных извещателей с выводом сигнала в пожарную службу; к 1936 году их количество увеличилось до 1732 [4].

К 1925 году в Ленинграде ручные извещатели были установлены в 565 пунктах, за 1924 год при помощи них было передано около 13 % всех сообщений о пожарах в городе. В начале XX века существовали ручные извещатели, включавшиеся в кольцевой шлейф регистрирующего прибора. При включении такой извещатель производил индивидуальное количество замыканий и размыканий и таким образом передавал сигнал на аппарат Морзе, устанавливавшийся на регистрирующем приборе. Ручные извещатели конструкции того времени состояли из часового механизма с маятниковым спуском, состоявшим из двух главных зубчатых колес и сигнального колеса с тремя трущимися контактами. Механизм приводился в действие при помощи ленточной спиральной пружины, причем механизм извещателя, приведенный в действие, повторял номер сигнала четыре раза. Одного завода пружины хватало на подачу шести сигналов. Контактные части механизма, во избежание окисления, покрывались серебром. Этот тип сигнализации был предложен в 1924 г. заведующим Мастерскими Пожарного Телеграфа А. Ф. Рюльманом; ее аппараты были в целях опыта установлены в 7-ми пунктах Центральной части города с приемной станцией в части им Ленина. Действие сигнализации было открыто 6 марта 1924 г. После десятимесячной опытной эксплуатации, показавшей, что не было случая неполучения сигнала и что в работе

сигнализации отмечается полное безотказное и точное действие, система была рекомендована к повсеместному применению [2-4].

В 1926 году в центральных районах Москвы осуществлялся капитальный ремонт кнопочной пожарной сигнализации, бездействовавшей с первых дней революции. Так как в то время в городе отсутствовали уличные таксофоны, эта сигнализация использовалась для вызова пожарных. Приемная станция находилась в здании Городской пожарной станции. Восстановленная кнопочная сигнализация просуществовала до середины 30-х годов, когда появились уличные телефоны-автоматы.

Первый автоматический пожарный извещатель был тепловым. Одними из первых создателей тепловых извещателей были Фрэнсис Роббинс Аптон и Фернандо Диббл, которые получили патент США (№ 436961) 23 сентября 1890 года. В конструкцию входили электрические батареи, колокольный купол, магнит в разомкнутой цепи и термостатическое устройство. Термостатическое устройство обнаруживало аномальное количество тепла; после того, как фиксировалось превышение максимальной температуры, контур между батареей и магнитом замыкался, и специальный молоточек ударял по колокольному куполу, предупреждая находившихся в помещении людей об опасности [3].

Оптический точечный дымовой пожарный извещатель, основанный на принципе рассеяния света дымом в темной камере, был запатентован в США в 1975 году. Ранее существовали конструкции оптических дымовых извещателей, основанных на принципе поглощения света дымом. Также существовали радиоизотопные дымовые извещатели, однако их применение для защиты жилья в СССР было запрещено [4].

Ультразвуковой извещатель производства 1975 года. Существовали извещатели, от вариантов конструкции которых в настоящее время отказались. Например, ультразвуковые извещатели. При возникновении пожара возникают турбулентные потоки воздушной среды. Под их воздействием ультразвуковое поле, заполняющее помещение, изменяется. Происходит изменение энергии ультразвука из-за поглощения тепловым потоком и отражение от границы раздела турбулентных потоков. Граница конвективной струи над очагом пожара неустойчива, поэтому возникает амплитудно-фазовая модуляция ультразвукового поля. Ультразвуковые извещатели сочетали охранные и пожарные функции, но могли работать только в закрытом помещении при отсутствии каких-либо движущихся предметов. Ультразвуковое поле на объекте (в конструкции извещателей 1979 года) создавалось электроакустическим магнитострикционным преобразователем, который представляет собой механическую колебательную систему. Такой преобразователь обратим и применяется в качестве приемника и излучателя ультразвуковых колебаний [3, 4].

Системы пожарной сигнализации быстро развивались и за 100 лет достигли огромного успеха. Тенденциями дальнейшего развития можно назвать попытки повышения точности и сокращения времени реагирования, а также переход на технологии интернета-вещей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев С.Г. Учебник для рядового состава пожарной охраны. – М.: Издательство НарКомХоза РСФСР, 1939 с. 147.
2. Российская Метрологическая Энциклопедия. Второе издание. Под ред. академика РАН В.В. Окрепилова. В двух томах. Том 1. –СПб.: ИИФ «Лики России», 2015 с. 138.
3. История пожарных извещателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://01service.spb.ru/news/2018/istorija_pozharnyh_izveschatelej.htm. – Дата доступа: 06.12.2021.
4. История систем пожаротушения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.secuteck.ru/articles/istoriya-sistem-pozharotusheniya-i-signalizacii-ot-derevyannyh-kolotushek-do-sovremennyh-avtomaticheskikh-ustrojstv>. – Дата доступа: 06.12.2021.

Секция 4
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АДМИНИСТРАТИВНОГО
ПРАВОПРИМЕНЕНИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАДЗОРНЫХ ОРГАНОВ
МЧС, ДОЗНАНИЯ ПО ДЕЛАМ О ПОЖАРАХ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

НЕКОТОРЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОГОНАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПОЖАРНОГО НАДЗОРА МЧС РОССИИ

Бурлаченко К.Г.

Академия государственной противопожарной службы МЧС России

В статье рассмотрены методы и модели, применяемые для осуществления поддержки принятия управленческих решений в государственном пожарном надзоре МЧС России.

При изучении управления в органах государственного пожарного надзора МЧС России в основном рассматривают совокупность факторов, подвергаемых модернизации и оптимизации. Как правило, в первую очередь модернизация касается изменению численности сотрудников, затем применению различных методик для эффективного изменения рабочего процесса. Например, в статье [1] учеными рассмотрена модель для оценки управленческого решения по сокращению персонала государственного пожарного надзора с применением причинно-следственной диаграммы. В работе [2] предложено внесение изменений в организационно-правовую модель, а именно внесение изменений на законодательном уровне, касаемо организации действий должностных лиц при осуществлении проводимых профилактических мероприятий на закрепленной территории. Учеными в работе [3] была предложена математическая модель, позволяющая спрогнозировать время работы дознавателя на основе составления блок-схемы зависимостей основных факторов, влияющих на оформление документации по дознанию и разработки модели прогнозирования времени составления первичной документации по пожарам на основе производственной функции Кобба-Дугласа. Сметанкина Г.И. в своем исследовании [4] рассматривала применение математического моделирования для управления рисками пожарной опасности промышленных объектов. Работа [5] посвящена разработке методики обоснования расчетной оценки необходимой численности должностных лиц органов государственного пожарного надзора в различных областях Российской Федерации, наделенных полномочиями по производству дознания на пожарах. Иванова Е.С. в своей работе [6] представляет вопрос профессиональной подготовки сотрудников государственного пожарного надзора МЧС России путем применения лично-ориентированной модели.

Несмотря на значительное количество исследований, направленных на оптимизацию управления в системе государственного пожарного надзора МЧС России, профилактические работы, выполняемые инспектором государственного пожарного надзора МЧС России, мало изучены. В связи с этим предлагается возможно применение метода анализа иерархий [7] для разработки моделей систем поддержки принятия управленческих решений для достижения различных целей: защиты объекта образования, путем проведения профилактических работ, защиты многоквартирного жилого дома, защиты промышленного объекта и других. В настоящее время ведется разработка обозначенных моделей. Результаты будут представлены в дальнейших исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пешков, А.В., Сатин А.П. Модель оценки управленческого решения по сокращению персонала государственного пожарного надзора (на примере Иркутской области) //Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – №. 9 (128).
2. Кононко, П.П. Разработка и внедрение организационно-правовой модели деятельности надзорных органов МЧС России в области профилактики нарушения обязательных требований пожарной безопасности // Школа молодых ученых и специалистов МЧС РОССИИ. – 2020. – С. 193-195.
3. Карпов, С.Ю., Прус Ю.В. Модель прогнозирования продолжительности сбора первоначальной информации на месте пожара функцией Кобба-Дугласа // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – №. 1. – С. 93-106.
4. Сметанкина, Г.И. Применение математического моделирования в информационном обеспечении государственной противопожарной службы МЧС России // Инновационные технологии в науке и образовании. – 2016. – №. 3. – С. 163-167.
5. Матюшин, А.В., Порошин А.А., Матюшина Е.А. Нормативно-аналитический метод расчетного определения необходимой численности дознавателей по делам о пожарах //Пожарная безопасность. – 2019. – №. 2. – С. 62-71.
6. Иванова, Е.С., Асеев И.М. Дополнительная профессиональная подготовка сотрудников государственного пожарного надзора на основе личностно-ориентированной модели //Проблемы управления рисками в техносфере. – 2014. – №. 3. – С. 139-147.
7. Saaty Thomas L. (2008–06). Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2): 251-318. Проверено 2008-12-22.

NEW APPROACHES TO THE PRODUCTION OF FLAME-RETARDANT FABRICS WITH HIGH RESISTANCE TO AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

Kuznetsov M.V., Safonov A.V.

All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defense and Emergencies of
Emergency Control Ministry of Russia

A new approach to the manufacture of flame-retardant fabrics resistant to aggressive media, based on the use of specially synthesized solutions of tetrafluoroethylene telomeres as an impregnation medium, is proposed. The properties of new materials is investigated, their effectiveness in terms of the use of telomeres in various, including extreme, operating conditions is evaluated.

Thermoplastic and thermosetting polymers, as well as resins and their compositions are used as binding components in the manufacture of widely demanded fiberglass composite materials based on fiberglass filler, designed for use in extreme temperature and other conditions. Fluoroplastic lacquer fabric, obtained on the basis of fiberglass and a suspension of powders of fluoroplast 4D or Teflon, has a number of advantages: higher frost and heat resistance, better dielectric properties, resistance to aggressive media, good antifriction properties, etc., over the existing industrial analogues [1,2].

The existing technology for the production of this kind of special fabrics is multi-stage, energy-intensive and requires the introduction of significant polymer masses into the composite structure. The content of fluoroplast in the product produced by using this technology is about 50-80 wt.%. Principally new technological approaches related to the manufacture of a glass-polymer composite material with a fluoroplastic binder are proposed. The technology of introducing fluoroplast into a fiberglass matrix is based on the application of the operation of impregnation of the substrate with liquid media containing fluoropolymer components. The use of tetrafluoroethylene telomere solutions prepared in this way makes it possible to modify fiberglass without the use of energy-consuming sintering technology, after introducing no more than 10 wt into it.% fluoropolymer. At the same time, not fluoroplast suspensions are used as impregnation media, but solutions of low molecular weight fractions (chain length of about 10-30 links) of polytetrafluoroethylene. The key factor that made it possible to implement this technology was discovery of the radiation process for producing low-molecular-weight polytetrafluoroethylene, which is soluble in organic solvents.

Standard aluminoborosilicate fiberglass E-180 (diameter of fiber is 7 microns) with the simplest weaving was used as fiberglass samples. The glass fiber used had the following composition (wt.%): silicon dioxide 50-99, aluminum oxide 1-20, calcium oxide 0-15, magnesium oxide 0-15, sodium oxide 0-20, boron oxide 0-15, silanol groups $\text{Si}(\text{OH})_2$ 0.5-5.0 formed in the surface layer of glass fiber during chemical treatment. Specific surface area was in the range of 2-50 m^2/g . Fiberglass samples (5x5 cm) were previously subjects of heat treatment to remove technical oiling and etching in a 5% hydrochloric acid solution. Telomere solutions with concentration of 1.5 – 4.0 wt.% were used to impregnate fiberglass samples [3].

The principal features of the proposed technology are: 1 – the use of an impregnating medium in the form of a telomere solution ensures its effective capillary penetration into the interstitial cavities of a fiberglass filler and reliable wetting with an impregnating medium of each elementary thread; 2 – the presence of active, functional solvent links at the ends of the telomere chain, which are capable of providing chemical or chemisorption adhesion of the telomere molecule to the filler and giving a certain orientation to the polymer molecule on the surface of the glass fiber; 3 – the possibility of physical and chemical activation of a fiberglass filler by acid etching, accompanied by the formation of a surface microrelief of the fiber, the formation of nanopores and chemically active fragments in the near-surface layer.

From the practical point of view, question of the conditions for the use of telomeres modified with tetrafluoroethylene of fiberglass is extremely important, in particular, in what temperature regime and under what media they will be used. We conducted a series of experiments to study the thermal stability of samples treated with solutions of various telomeres at a temperature of 200°C for 2 h. The mass loss was: for a sample synthesized in PFCB – 2-3 wt.%, and for a sample synthesized in acetone – 10 wt.%. From the above mentioned results it can be concluded that the use of treated fiberglass at high temperatures as a flame retardant material is expedient and economically advantageous. Studies also were conducted on the stability of the obtained materials in terms of exposure to chemically aggressive media, in particular, hydrochloric acid. The mass loss of samples of modified fiberglass after being kept in acid (for 3 hours) is twice as low as the original untreated one. The totality of the experimental results obtained allows us to draw a number of conclusions regarding the conditions for obtaining thermally and chemically resistant coatings on fiberglass and the feasibility of using various telomeres for these purposes. To modify fiberglass, its preliminary activation by acid etching and heating of samples with a deposited telomere at a temperature of ~150°C is necessary. The amount of applied telomere should be at least 4-5% by weight.

The proposed new type of fiberglass fluoropolymer composite materials has no analogues in the world practice and has the following operational advantages:

- with the content of an expensive fluoropolymer at a level of only a few percent, the composite acquires the properties of Teflon in terms of heat resistance, resistance to aggressive media, as well as hydrophobicity [4];
- the proposed technology is characterized by the low cost of the produced composite and the simplicity of its manufacture due to the exclusion of expensive and energy-consuming operations of sintering powder masses of fluoroplast, traditional for the production of fluoroplastic products from the production scheme.

The areas of possible practical application of products manufactured in accordance with the proposed technology are: thermally and chemically resistant flame-retardant materials for the needs of the EMERCOM of Russia and other departments operating in extreme conditions; highly productive protective and filtering materials resistant to aggressive environments; reinforcing fiberglass fabrics for the manufacture of massive products made of fluoroplast; hydrophobic fabrics for covering temporary structures as well as physiologically inert fabrics for medical purposes.

REFERENCES

1. Kiryukhin D.P. Tetrafluoroethylene telomers: Radiation-initiated chemical synthesis, properties, and application prospects /D.P. Kiryukhin, G.A. Kichigina, V.M. Bouzник // Polymer Science Series A. – 2013. – V. 55. – № 11. – P.631.
2. Bolshakov A.I. Radiation synthesis of telomers at a constant tetrafluoroethylene concentration in acetone /A.I. Bolshakov, G.A. Kichigina, D.P. Kiryukhin // High Energy Chemistry. – 2009. – V. 43. – № 6. – Paper number 456.
3. Barelko V.V. Fiberglass reinforcing woven filler of glass polymer composite materials /V.V. Barelko, Yu. N. Smirnov, V.Ya. Onischenko et al. // Patent of Russia № 2245477, Bulletin of Inventions (BI) №3, 27.01.2005.
4. Prorokova N.P. Giving polyester textile materials high water repellency by treating them with a solution of tetrafluoroethylene telomers / N.P. Prorokova, T.Yu. Kumeeva, A.V. Khorev, V.M. Buznik, D.P. Kiryukhin, A.I. Bolshakov & G. A. Kichigina // Fibre Chemistry. – 2010. – № 2. – P.103.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ» ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «РАССЛЕДОВАНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ПОЖАРОВ»

Куликов С.В.

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

В настоящее время на территории России ежедневно происходят пожары, в связи с чем профессия дознавателя очень востребована, а в отделе кадров происходит «кадровое голодание» по специалистам в данной области. Связано это с тем, что существует некоторые ряд проблем при обучении высококвалифицированных специалистов.

Одной из таких проблем является то, что очаговые признаки пожара в большинстве случаев возможно обнаружить только непосредственно после пожара. Из этого вытекает следующая проблема – это выезд учебной группы во время занятия на место пожара для его изучения. Невозможно знать, когда произойдет пожар, чтобы организованно провести занятие. Кроме того, любой выезд за пределы учебного заведения – это потенциальная угроза жизни и здоровью обучающихся, например, ДТП или обрушение конструкций при изучении очаговых признаков.

Признаки очага пожара или очаговые признаки – это, в первую очередь, характерные зоны термических поражений конструкций и предметов, образовавшиеся в результате специфических для очага особенностей процесса горения.

Один из самых известных специалистов и внесший огромный вклад в развитие в области экспертизы пожаров Борис Васильевич Мегорский предложил следующую классификацию очаговых признаков пожара.

Следы в очаговой зоне пожара:

- в очаге пожара (при недостаточном газообмене и при благоприятных условиях для горения);
- над местом возникновения пожара;
- «очаговый конус».

Следы направленности распространения горения:

- последовательно затухающие (нарастающие) поражения;
- произвольно расположенные поражения и следы.

В связи с этим возникает необходимость разработки учебной компьютерной программы по исследованию очаговых признаков возникновения пожара с применением технологии виртуальной реальности.

Виртуальная реальность (VR), которую иногда называют виртуальной средой (VE), привлекла большое внимание в последние несколько лет. Однако очень немногие люди, в действительности не знают, что такое VR, каковы его основные принципы. Виртуальная реальность позволяет пользователю взаимодействовать с компьютерной трехмерной моделью или виртуальной средой. Эта среда может быть реалистичной, в том смысле, что она знакома нам в макроскопическом масштабе, она может быть реалистичной в том смысле, что она изображает физический мир, известный науке, но который обычно не наблюдается, или он может быть использован для визуализации мира, который является полностью воображаемым. Таким образом, виртуальная реальность широко применяется во многих различных областях образования, включая науку, археологию, историю и архитектуру.

Преимущество виртуальной реальности по сравнению с обычными методами описания заключается в том, что слушателям предоставляется возможность испытать предмет, который было бы трудно, если не невозможно проиллюстрировать или описать обычными методами обучения. Предполагается, что виртуальная реальность вместе с его интерактивностью, обеспечит ценную помощь традиционным методам обучения. Говоря про виртуальную реальность нельзя не затронуть такую тему как преимущества и потенциальные недостатки использования виртуальной реальности в образовательных целях.

К преимуществам использования виртуальной реальности в обучении будущих специалистов относятся:

- широкая область применения;
- обеспечение более привлекательной среды для обучения;
- использование интерактивности и интерактивного обучения;
- привлечение в обучении сразу нескольких органов чувств человека.

Недостатками данной технологии при использовании ее в обучении можно выделить следующее:

- дорогой и трудоемкий процесс разработки программного продукта;
- при определенных условиях может вызвать укачивание неподготовленных пользователей;
- вопрос неверности или реализма.

Таким образом внедрение технологий виртуальной реальности для обучения специалистов в области пожарно-технической экспертизы не будет

новинкой в целом, но это позволит проводить занятия без выезда на место пожара, сокращая расходы и время на проведение занятий. Появится возможность создавать обстановку после пожара для более детального изучения очаговых признаков и возможно в будущем создать конструктор для быстрого формирования 3D моделей для отчетов о пожаре.

Основная задумка проекта является в проведении практических занятий по дисциплине «расследование и экспертиза пожара». Для этого будет создаваться виртуальная обстановка реального пожара. На выбор пользователя будет представлено три режима, не считая режима по обучению в управлении.

Первый режим называется «обучение». В нем пользователь должен пройти по маршруту, в котором будет наглядно показано и рассказано о принципах проведения расследования пожара.

Второй режим – тестирование. После прохождения обучения обучающийся должен закрепить полученные знания. Для этого по мере прохождения маршрута ему нужно будет отвечать на всплывающие вопросы теста. Сами вопросы будут привязаны к локации и к основным принципам проведения расследования очаговых признаков пожара. После прохождения теста пользователю будет выставлена оценка. Результаты тестирования будут храниться в базе данных для того, чтобы преподаватель мог проверить успеваемость того или иного обучающегося.

Третий режим – это свободное исследование. Тут у пользователя будут «развязаны руки». Свободно перемещаться по сцене в поисках первичных и вторичных очаговых признаков, «брать в руки» объекты которые можно было бы поднять в реальной жизни и рассмотреть их поближе. Предусмотрена система «слоеного пирога», другими словами если пользователь с помощью лома попытается вскрыть конструкцию, то будет имитация физики реального мира. Это позволяет расширить способы поиска очага пожара.

Таким образом, разработка учебной компьютерной программы и внедрение ее в образовательный процесс является верным вектором по улучшению качества знаний будущих специалистов в области расследования и экспертизы пожаров.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРОВ С ГИБЕЛЬЮ ЛЮДЕЙ

Куликов С.В.

Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение дополнительного образования «Учебно-методический центр по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям»

Дефиниция «пожар» законодательно закреплена, как неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства [1].

Возникновение пожара так или иначе является следствием проявления человеческого фактора, то есть результата действий, либо бездействий людей, в том числе и должностных лиц. К причинам и условиям, способствующим возникновению пожара, можно отнести недостаточные знания в области пожарной безопасности и безопасного поведения, как в профессиональной, так и в повседневной жизни.

Важность соблюдения правил пожарной безопасности закреплена как законодательством Российской Федерации, так и самой жизнью (количеством возникающих ежедневно пожаров). По тяжести и непоправимости последствий и числу жертв пожары уступают лишь дорожно-транспортным происшествиям.

В 2020 году на территории России наибольшее количество пожаров зарегистрировано по причине неосторожного обращения с огнем – 55,54% от общего количества пожаров. Наиболее редкими причинами возникновения пожара послужили: нарушение правил пожарной безопасности при использовании пиротехнических изделий; нарушение правил устройства и эксплуатации газового оборудования; нарушение правил эксплуатации теплогенерирующих агрегатов и поджоги.

Сотрудниками УНДиПР отмечен рост количества пожаров по таким причинам, как: нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств; нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования, вследствие отравления токсичными продуктами горения, от воздействия высокой температуры, комбинированное отравление алкоголем и токсичными продуктами горения. Причину гибели людей не удалось установить в 12,87% случаев от общего количества погибших.

По данным онлайн – конференции, прошедшей 15.01.2021 при участии руководства МЧС России известно, что за 2021 года по всей стране зарегистрировано 439 100 пожаров, на которых погибло 8262 человека, травмировано 8439 [2].

В современной России борьба с пожарами, причиняющими колоссальный вред жизни и здоровью людей, с каждым годом становится все актуальнее, чаще поднимается государством и освещается в средствах массовой информации, книгах, фильмах и других творческих проектах. Что подчеркивает актуальность темы качественного расследования по делам о пожарах.

При расследовании пожаров с гибелью людей не всегда органами дознания устанавливается точная причина возникновения пожаров, не всегда выявляются виновные лица, а также зачастую не принимаются все зависящие меры по возмещению материального ущерба, причиненного пожаром.

Расследование таких преступлений осложнено тем, что в процессе горения, тления, проливки и разборки места пожара уничтожаются всевозможные следы преступления. Особые трудности возникают при установлении обстоятельств возникновения пожара, его развития и как следствие определения причины пожара. Исходя из вышеперечисленных «нюансов» пожара, у органов дознания возникают трудности с установлением признаков состава преступления, в целом квалификации преступлений, а также выявлении виновных лиц.

Основы расследования пожаров, в теории были заложены в России в середине XX века Б.В. Мегорским [3]. Общепринятый методический подход к установлению причины пожара начинается с производства осмотра места происшествия.

Осмотр места пожара – одно из самых важных, при расследовании пожаров с гибелью людей, процессуальных действий. Осмотр места пожара производится в целях обнаружения следов преступления, выяснения других обстоятельств, имеющих значение [4]. Осмотр невозможно заменить или исключить иным процессуальным действием, так как при осмотре происходит профессиональное исследование фактических данных, которое невозможно получить иным способом.

В настоящее время расследование пожаров нуждается в повышении качества работы органа дознания. Во многом тщательность проводимого осмотра зависит от взаимодействия между дознавателем и экспертом. Привлечение специалистов (экспертов) к производству осмотра места пожара, в последующем проводимых пожарно-техническую экспертизу, изъятие вещественных доказательств – взаимосвязанные факторы для истинности установления причины возникновения пожара. При этом заключение и выводы эксперта об очаге пожара и причинах возникновения пожара, как правило, оказывают решающее влияние на весь ход проводимого расследования.

Анализ практики деятельности органов дознания и судебно-экспертных учреждений анонсирует, что довольно часто имеют место нарушения процессуальных требований при выборе и изъятии вещественных доказательств, нередко неграмотно описывают термические повреждения объекта, на котором произошел пожар, ввиду отсутствия практических и теоретических навыков.

Практика показывает, что исследования специалистов (экспертов) по делам о пожарах, не всегда полны и убедительны, выводы не всегда достаточно аргументированы, а по основному вопросу органа дознания о причине пожара эксперты формулируют вероятностную причину. Затем уже дознаватель, оценивая совокупность имеющихся данных, приходит к выводу о наличии либо отсутствии состава преступления, предусмотренного Уголовным Кодексом Российской Федерации [5].

Подходя к выводу, следует отметить, что для совершенствования расследований по делам о пожарах, в том числе с гибелью людей необходим достаточный уровень специфичных, узко направленных знаний как экспертов (для методической помощи сотрудникам государственного пожарного надзора и точности высказываемых выводов о причине пожара), так и дознавателей (для четкости плана действий при расследовании, качественного осмотра места пожара). Уровень знаний достигается путем саморазвития, обучения, самоотверженности и отдачи собственному делу.

Помимо вышеназванных аспектов деятельности по раскрытию преступлений, связанных с пожарами, немаловажное значение имеет оценка деятельности должностных лиц надзорных органов МЧС России при расследовании обстоятельств пожара с гибелью людей.

В настоящее время оценка деятельности территориальных органов МЧС России, в том числе должностных лиц, осуществляющих дознание по делам о пожарах, осуществляется на основании Распоряжения МЧС России № 53 от 27.01.2020 года (далее – Распоряжение). В Распоряжении приведена методика оценки деятельности в целом территориального подразделения, без акцента на уголовно-процессуальную деятельность. Основная цель, отраженная в Распоряжении – «выработка единого алгоритма действий, проверяющих при проведении проверки и оценки деятельности» [6].

Подобная методика должна отражать, внедрять, оказывать дознавателям и руководящему составу рекомендации по законному, всестороннему и полному, объективному расследованию преступлений, связанных с пожарами, с гибелью людей в том числе, а не оценивать показатель «качество подготовки материалов проверки по фактам пожаров», как отражено в Распоряжении. Без определения критериев подобного «качества» и раскрытия терминологии, в целом редакции Распоряжения, по которому происходит оценка деятельности отделов надзорной деятельности субъекта РФ невозможно говорить о подготовке и улучшении работы должностных лиц ГПН, выявлении проблемных направлений деятельности при расследовании пожаров, повлекших гибель людей, проведении самооценки сотрудниками для установления собственных результатов и самоконтроля, а также невозможно достижение иных задач, которые должны решаться при выставлении оценки деятельности подразделений ГПН.

Методика и оценка деятельности, оценка эффективности и качества уголовно-процессуальной деятельности должна основываться на анализе результатов, личностных качеств, анализе действующего и меняющегося законодательства и должна быть направлена на повышение качества исполнения должностными лицами ГПН своих обязанностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Онлайн-конференция при руководстве МЧС России.
3. Мегорский Б.В. Методика установления причины пожара. М.: Стройиз-дат, 1966. – 347 с.
4. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 № 174-ФЗ.
5. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ.
6. Распоряжение МЧС России № 53 от 27.01.2020 «Об утверждении методики оценки деятельности территориальных органов МЧС России при осуществлении надзорной деятельности и профилактической работы».

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ И ВЗРЫВЕ

Сборник материалов
VIII Международной заочной научно-практической
конференции

(30 декабря 2021 года)

Ответственный за выпуск *А.С. Миканович*
Компьютерный набор и верстка *В.Ф. Кадол*

Подписано в печать 02.03.2022.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 15,98. Уч.-изд. л. 14,78.
Тираж 1. Заказ 024-2022.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/259 от 14.10.2016.
Ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск.