АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МЧС РОССИИ

«ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ-2021»

МАТЕРИАЛЫ

X-ОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

6 апреля 2021, Москва

STATE FIRE ACADEMY
OF EMERCOM OF RUSSIA

«PROBLEMS OF TECHNOSPHERE SAFETY – 2021»

PROCEEDINGS

OF THE X INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS

6 April 2021, Moscow

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9
М 34

Материалы X-ой Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности -2021». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2021. – 226 с.

Материалы X-ой международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2021» адресованы молодым ученым и специалистам из вузов, научных институтов, государственных учреждений и промышленности.

Целью конференции является создание площадки для формирования творческих связей и обмена опытом между молодыми учеными и специалистами, обсуждение вопросов развития научных исследований и внедрения инновационных разработок в области техносферной безопасности.

Издано в авторской редакции

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9

© Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ефимов А.А., Шихалев Д.В. Методика проведения экспертного опроса лиц принимающих решения по организации и управлению эвакуацией людей из торгово-развлекательных центров 7
Говор Э.Г., Лихоманов А.О., Камлюк А.Н. О линейной зависимости кратности и устойчивости пены в диапазоне низкократных пен 13
Дроздов Д.А. К вопросу о решении проблемы обеспечения пожарной безопасности верёвочных парков.....17
Калиев О.С. Анализ пожаров на производственных объектах, связанных с выделением горючей пыли.....20
Шихалев Д.В. Анкетный опрос в области управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта.....25
Дроздов Д.А., Ягодка Е.А. К вопросу о решении инновационных задач в области пожарной безопасности 32
Халиков Р.В., Роенко В.В., Кармес А.П., Храмцов С.П., Чистяков Т.И. Моделирование процесса объемного пожаротушения газокомпрессорных станций.....37
Халиков Р.В., Таныгина А.А. Идентификация газофазного ингибирования пламени 42
Копылов П.С., Бегишев И.Р. Снижение огнетушащей концентрации хладона 227еа при помощи малой добавки гептафторйодпропана.....46
Меженов В.А., Ольховский И.А. Пожарная ствольная техника с оссцилирующим устройством 51
Мустафин В.М., Пузач С.В. Методы определения дымообразующей способности веществ и материалов. Особенности измерения.....56
Нгуен Т.Т., Денисов А.Н. Схема управления пожарной безопасностью Вьетнама на современном этапе.....61
Федотов И.О., Сивенков А.Б. Проблемы и перспективы применения огнезащитных средств для деревянных конструкций 65
Петрилин Д.А., Реформатская И.И. Предотвращение коррозии нефтяных резервуаров как превентивная мера повышения их пожаробезопасности 70
Габдуллин В.Б., Ищенко А.Д. Расчет времени работы звеньев газодымозащитной службы при массовом спасении людей 74
Бурлаченко К.Г. Некоторые особенности организации контрольно-надзорной деятельности в подразделении государственного пожарного надзора.....80

Григорян Р.А., Шихалев Д.В. Алгоритм определения уровня обеспечения пожарной безопасности людей в здании в режиме реального времени 84
Шахабов М.М., Сивенков А.Б. Об огнестойкости металлических конструкций длительного срока эксплуатации 89
Крючков Г.И. Огнестойкость стальных конструкций при нормируемых температурных режимах пожара.....96
Степаненко Д.А. Исследование потери массы жидкости и подвижности воздуха при вентиляции резервуара с понтоном различными способами. 104
Елтышев И.П., Бегишев И.Р. Пожаровзрывоопасность хладагента ГФО-1243 108
Столяров Д.В., Михайлов К.А., Шапошник Д.С., Мокшанцев А.В. Обоснование возможности применения статического электрического поля для тушения пожаров твердых горючих веществ и материалов.....113
Мельдер Е.В., Сивенков А.Б. Эффективные средства огнезащиты для стальных строительных конструкций.....120

СЕКЦИЯ 2
ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Кузьменко В.А., Двоенко О.В., Щербаков Н.А. Тенденции развития станций зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием 126
Волкова К.М. Формализация модели цифрового автомата для автоматизированной системы пожаротушения 130
Савкина Е.С. Проблема адаптации ФГОС поколения 3++ к потребностям высшего образования в сфере обеспечения пожарной безопасности.....138
Степанов Е.В., Топольский Н.Г., Вилисов В.Я. Об оценке эффективности проверки готовности пожарных подразделений.....144
Степанов Е.В., Топольский Н.Г., Вилисов В.Я. Кластерный анализ однородности статистических данных о пожарах.....151
Гумиров А.С., Стругов А.О. Исследование зависимости расхода компрессионной пены от кратности при подаче по насосно-рукавным системам.....158

Тимохин В.В. Особенности взрывов бытового газа в жилых домах 161
Афанасьев Е.А. Технологии предотвращения распространения аварий при происшествиях на резервуарах с нефтепродуктами 166
Апарин А.А., Тараканов Д.В. Системы видеомониторинга как инструмент повышения пожарной безопасности.....172
Болдрушкиев О.Б., Пузач С.В., Косьянова Е.Н. Определение показателя токсичности при воздействии циановодорода на организм человека при пожарах.....178
Шангараев Р.Р., Комаров А.А. Всплытие огневого шара 185
Григорян Р.А. Схемы получения данных и схемы потоков данных для проведения расчёта индивидуального пожарного риска в режиме реального времени для задачи обеспечения безопасности людей в здании.....191
Гладченко В.Я., Ольховский И.А., Лебедев А.Н. Оценка энергетических показателей пожарных насосов и их практическое применение 197
Бочаров В.В., Мокшанцев А.В. Информационные системы и технологии, исполбзуемые в работе центров управления в кризисных ситуациях 202
Степаненко Д.А. Подвижность воздуха в разных поясах вертикального резервуара при его вентиляции различными способами.....207
Двоенко О.В. Учебно-тренажерные комплексы для практической подготовки по дисциплине "Пожарная и аварийно-спасательная техника".....210
Апанасенко И.А., Фещенко А.Н. Выбор интенсивности подачи пены для тушения высокооктановых бензинов различного состава 215
Кадиев Ш.К. Функциональная модель деятельности центров управления в кризисных ситуациях при получении сообщения о ЧС 219
Авторский указатель……223

СЕКЦИЯ 1
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА ЛИЦ ПРИНИМАЮЩИХ РЕШЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЮ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ИЗ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Ефимов Андрей Александрович (Supportsystem.01@rambler.ru)
Шихалев Денис Владимирович (evacsystem@gmail.com)

В работе рассмотрен вопрос применения экспертного опроса персонала торгово-развлекательных центров с целью установления факторов, влияющих на организацию эвакуации. Проведен анализ анкет, которые использовались при проведении опроса персонала и людей, участвующих в эвакуации. По итогам работы разработана анкета, содержащая 35 вопросов.

Ключевые слова: экспертный опрос, торгово-развлекательный центр, эвакуация, персонал.

METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN EXPERT SURVEY OF DECISION-MAKERS ON THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF EVACUATION OF PEOPLE FROM SHOPPING AND ENTERTAINMENT CENTERS

Yefimov Andrey Aleksandrovich (Supportsystem.01@rambler.ru)
Shikhalev Denis Vladimirovich (evacsystem@gmail.com)

The paper considers the use of an expert survey of the staff of shopping and entertainment centers in order to determine the factors that affect the organization of evacuation. The analysis of the questionnaires used in the survey of personnel and people involved in the evacuation was carried out. Based on the results of the work, a questionnaire containing 35 questions was developed.

Keywords: expert survey, shopping and entertainment center, evacuation, staff.

На современном этапе развития общества существует потребность в получении достоверной и обоснованной информации как основы принятия управленческих решений. В большинстве случаев источниками такой информации выступают наиболее компетентные специалисты – эксперты. Экспертные опросы обеспечивают получение данных о знаниях и установках людей в отношении тех или иных явлений социальной действительности, выявление их количественных параметров и распространенности. Основной задачей экспертного опроса является получение информации в виде экспертных оценок, с целью интерпретации их для лица принимающего решения (далее – ЛПР). Область применения экспертного опроса включает диагностическую, прогностическую, проектировочную, моделирующую функции, которые реализуются в

диагностике и оценке состояния социальных систем и объектов, в прогнозировании и оценке вариантов. Роль опроса экспертов повышается при недостаточности статистических данных для прогнозирования развития той или иной ситуации, при исследовании не имеющих аналогов в социальной действительности процессов, а также при изучении объектов, обладающих специфическими характеристиками, о которых известно только профессионалам [1]. Познавательный потенциал метода экспертного опроса и его применимость к предметной области определяет объективную необходимость в проведении таких исследований.

В настоящей работе представлена методика проведения экспертного опроса, которая состоит из этапов, представленных на рис. 1.

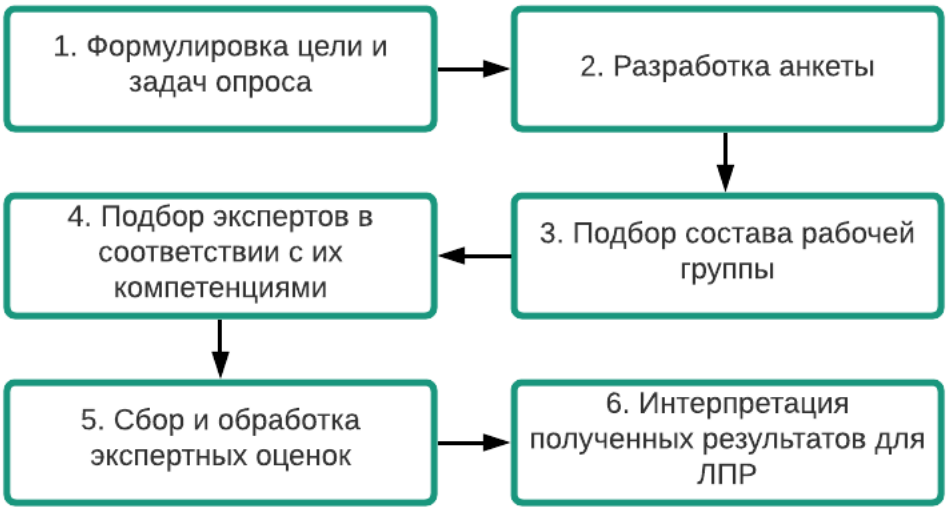


Рис. 1 – Этапы проведения экспертного опроса

Основное содержание первого этапа вытекает из определения цели и задач экспертного опроса. Целью экспертного опроса является определение уровня подготовки персонала к действиям по организации эвакуации людей при возникновении пожара в ТРЦ.

Задачами опроса являются:

1. Получение данных (текстовых, числовых) о действиях персонала ТРЦ по организации и управлении эвакуацией людей.

2. Определение факторов как положительно, так и отрицательно влияющих на организацию эвакуации.

3. Определение мероприятий по увеличению эффективности действий персонала ТРЦ.

На втором этапе был проведен анализ анкет, которые использовались ранее при проведении опроса персонала и людей, участвующих в эвакуации [2-9]. В данных работах установлены закономерности выбора пути эвакуации при пожаре, а также определены уровни подготовки

персонала к проведению эвакуации. В результате анализа была разработана анкета, содержащая 35 вопросов, из которых с 1-го по 15-й составляют общие данные (пол, возраст, уровень образования, опыт работы и т.д.), а с 15-го по 35-й призваны определить знания персонала в организации и управлении эвакуацией людей в случае возникновения пожара. Вопросы 20-21, 24, 27, 31, 33-35 имеют открытую форму ответа, респонденты должны сами вписать ответ. Остальные вопросы имеют закрытую форму, где респонденты должны выбрать ответ из предложенных. Закрытая форма для большинства вопросов была выбрана для того, чтобы облегчить процесс анкетирования. Ниже представлена разработанная анкета для проведения экспертного опроса.

При формировании экспертной группы необходимо решить две частные задачи: сформировать список экспертов и определить их необходимое (достаточное) количество.

В качестве экспертов выступают сотрудники ТРЦ, соответствующие следующим категориям: руководитель и сотрудники службы безопасности объекта, а также персонал магазина (менеджеры, продавцы-консультанты, кассиры). Выбор таких категорий работников обусловлен тем, что их безграмотные действия негативно влияют на процесс эвакуации, что в последствии приводит к гибели людей.

Необходимое количество экспертов для участия в опросе определяется расчётом размера выборки. Как правило, чем больше размер выборки, тем она более статистически значима, то есть вероятность того, что результаты получены случайно, меньше. Для определения размера выборки предстоит определить следующие показатели:

- Размер популяции (представляет собой общее количество персонала, ответственного за организацию и управление эвакуацией людей из ТРЦ).
- Предел погрешности (процент, который показывает, насколько мы можем ожидать, что результаты опроса будут отражать мнения всей изучаемой группы экспертов). Чем меньше погрешность, тем ближе мы к точному ответу с заданным уровнем достоверности. В целом, чем больше размер выборки, тем меньше погрешность. В нашем случае, было выбрано значение предела погрешности равное 5 %.
- Уровень достоверности выборки (процент, который показывает, насколько мы уверены, что эксперты выберут ответ в определенном диапазоне. Для получения результатов, максимально близких к действительным, уровень достоверности выборки равен 95 %. Уровень достоверности 95% означает, что, если один и тот же опрос должен быть повторен 100 раз в одних и тех же условиях, 95 раз из 100 мера будет находиться где-то в пределах погрешности.

Размер выборки *(F)* рассчитывается по формуле [10]:

$$F = \frac{\frac{z^2 \times p\,(1-p)}{e^2}}{1 + (\frac{z^2 \times p\,(1-p)}{e^2 N})}$$

где: N – размер популяции;

e – предел погрешности (процент в десятичной форме);

p – процентное значение (в десятичном формате);

z – оценка (количество стандартных отклонений, на которые данная пропорция отличается от среднего).

В таблице 1 указана зависимость желаемого результата достоверности от значения z.

Таблица 1 – Зависимость желаемого результата достоверности от значения Z

Желаемый уровень достоверности	Значение z
80 %	1,28
85 %	1,44
90 %	1,65
95 %	1,96
99 %	2,58

Ниже представлена таблица с предполагаемыми размерами выборки с учетом погрешности при уровне достоверности 95%, который является приемлемым при исследованиях в области пожарной безопасности [11,12]. В соответствии с приведенной выше формулой, проведен расчет необходимого размера выборки.

Таблица 2 – Размер выборки с учетом погрешности

Численность персонала	Размер выборки на погрешность		
	± 3%	**± 5%**	**± 10%**
500	345	220	80
1 000	525	285	90
3 000	810	350	100
5 000	910	370	100
10 000	1000	385	100
100 000+	1100	400	100

В России функционируют свыше 1000 ТРЦ и с каждым годом их количество стремительно растёт. Учитывая тот факт, что каждый объект включает в себя как минимум одного руководителя службы безопасности,

а в его подчинении находятся около 5-10 сотрудников и количество персонала ТРЦ в основном не превышает 100 человек, делаем вывод, что для достижения цели экспертного опроса, необходимо опросить 385 респондентов.

Таблица 3 – Требуемое количество участников опроса по категориям персонала

№ п/п	Категория персонала	Общее количество персонала	Требуемое количество участников опроса
1	Руководитель службы безопасности	Не менее 1000 чел.	385 чел.
2	Сотрудники службы безопасности	5000-10000 чел.	
3	Персонал магазинов (менеджеры, продавцы-консультанты, кассиры)	Менее 100000 чел.	

После проведения вышеупомянутых этапов необходимо провести сбор и обработку экспертных оценок. Методы обработки результатов экспертного опроса, как правило, определяются еще на этапе формирования опросника. Среди часто используемых методов обработки экспертных оценок встречаются: графическая обработка информации, расчет показателей описательной статистики, ранжирование и шкалирование, выявление корреляционной зависимости между отдельными признаками.

Результаты опроса позволяют сформировать и выявить закономерности, определить слабые места в системе поддержки принятия управленческих решений при организации и управлении эвакуацией людей при пожаре.

Как показывает практика, в большинстве случаев обработка результатов заканчивается этапом выделения и интерпретации факторов. Интерпретация полученных результатов для ЛПР играет немаловажную роль. Этап представляет собой процедуру, которая происходит за счет использования алгоритмов. В качестве одного из методов интерпретации можно выделить метод факторного анализа. Он включает в себя поиск скрытой структуры взаимосвязи во множестве переменных, позволяет значительно сокращать их объем и выделять факторы, оказывающие влияние на ответы респондентов. Еще одно преимущество данного метода заключается в том, что он реализован во многих пакетах обработки данных, в частности, в таких хорошо известных, как *SPSS*, *STATISTICA*.

Заключение

В работе рассмотрен вопрос применения экспертного опроса персонала торгово-развлекательных центров с целью установления факторов, влияющих на организацию эвакуации. Проведенный анализ анкет, которые использовались ранее при проведении опроса персонала и людей, участвующих в эвакуации позволил разработать собственную анкету, содержащую 35 вопросов. Определено дальнейшее направление работы: проведение экспертного опроса персонала и обработка полученных данных с целью установления факторов, влияющих на проведение эвакуации.

Литература

1. Хлебович, Д. И. Экспертный опрос как инструмент исследования проблем высшего профессионального образования: предпосылки и практика использования / Д. И. Хлебович // Изв. ИГЭА. – 2013. – № 6 (92). – С. 12–20.
2. Zhao C. M., Lo S. M., Zhang S. P., Liu M. A post-fire survey on the pre-evacuation human behavior // Fire Technology. — 2009. — Vol. 45, Issue 1. — P. 71–95.
3. Cordeiro Elisabete, António Leça Coelho, Rosaldo J F Rossetti, and João Emílio Almeida. 2011. "Human Behavior Under Fire Situations - Portuguese Population." In 2011 Fire and Evacuation Modeling Technical Conference. Baltimore, Maryland, August 15-16,2011.
4. Дутов В.И. Психофизиологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре / В.И. Дутов, И.Г. Чурсин. – М.: СЦЕМП "Защита", 1993. – 202 с.
5. Wood P. G. The Behaviour People in Fires. British Note 933, November, 1972.
6. Семин А. А. Натурная проверка противопожарной подготовки сотрудников объекта //Пожаровзрывобезопасность. – 2019. – Т. 28. – №. 2.
7. Benthorn L., Frantzich H. Fire alarm in a public building: How do people evaluate information and choose an evacuation exit? //Fire and Materials. – 1999. – Т. 23. – №. 6. – С. 311-315.
8. Макарова Л. Г., Широбоков С. В., Зозуля О. В. Оценка осознанности техногенных рисков разными категориями посетителей торговых центров. – 2019.
9. Carattin, E. Wayfinding architectural criteria for the design of complex environments in emergency scenarios / E. Carattin // Advanced research workshop proceedings. Santander. 2011. – P. 209-222.
10. Постников В. М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений // Машиностроение и компьютерные технологии. 2012. №05.
11. Слюсарев С. В. Обработка результатов измерений параметров движения потоков маломобильных детей. Часть 1//Технологии техносферной безопасности. –2015 //Вып. – 2015. – Т. 6. – №. 64. – С. 8.
12. Фан А., Самошин Д. А. Параметры потоков эвакуированных из жилых зданий людей при пожарах во Вьетнаме //Технологии техносферной безопасности. – 2016. – №. 6. – С. 25-32.

О ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КРАТНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНЫ В ДИАПАЗОНЕ НИЗКОКРАТНЫХ ПЕН

Говор Эдуард Геннадьевич (govor-098@mail.ru),
Лихоманов Алексей Олегович (alexlikh20@gmail.com),
Камлюк Андрей Николаевич (kamluk@mail.ru)

В статье описан способ исследования кратности и устойчивости пены в зависимости от геометрических параметров пожарного оросителя, изготавливаемого при помощи аддитивных технологий. Установлена линейная взаимосвязь между кратностью K и устойчивостью C воздушно-механической пены низкой кратности, которая имеет общий вид: $C = \gamma \cdot K$, где γ – эмпирический коэффициент, зависящий от физико-химических свойств пенообразователя.

Ключевые слова: автоматические системы пожаротушения, пена, ороситель, кратность пены, устойчивость пены.

ON THE LINEAR DEPENDENCE OF FOAM EXPANTION RATE AND STABILITY IN THE RANGE OF LOW EXPANSION FOAMS

Govor Eduard Gennadyevich (govor-098@mail.ru),
Likhomanov Aleksey Olegovich (alexlikh20@gmail.com),
Kamlyuk Andrey Nikolayevich (kamluk@mail.ru)

This article is devoted to the method for studying the dependence of the foam expansion rate and stability on the fire sprinkler geometric parameters with the help of additive technologies. A linear relationship has been established between the expansion rate K and stability C of the low-expansion air-mechanical foam: $C = \gamma \cdot K$, where γ is an empirical coefficient depending on the physicochemical properties of the foaming agent.

Keywords: automatic fire extinguishing systems, foam, sprinkler, foam expansion, foam stability.

Автоматические установки пожаротушения являются одним из наиболее эффективных элементов системы противопожарной защиты зданий и сооружений [1]. Такие установки позволяют на начальной стадии пожара без участия человека определить факт возникновения горения и произвести его локализацию либо ликвидацию. Для тушения пожаров в зданиях и сооружениях химических, нефтехимических, нефтегазовых и металлургических предприятий, на объектах энергетической промышленности и др. наиболее часто применяют воздушно-механическую пену низкой кратности ($3 < K < 20$), которую в большинстве случаев получают с помощью оросителей розеточного типа в виду простоты их конструкции [2].

С позиции эффективности пожаротушения важными качественными характеристиками пены считают кратность K и устойчивость C. Под

кратностью пены понимается отношение ее объема к объему исходного раствора пенообразователя, тогда как устойчивость пены характеризует ее способность сохранять свои исходные свойства и не разрушаться [2]. Практика свидетельствует о повышении эффективности тушения пожаров горючих и легковоспламеняющихся жидкостей с ростом кратности и устойчивости пены (в диапазоне низкократных пен) [3, 4]. В работах [5, 6] авторами выявлена примечательная закономерность в отношении K и C – полученные экспериментальные зависимости кратности и устойчивости пены от геометрических параметров розеточного оросителя имеют схожий вид и пропорциональны друг другу. Сопоставив полученные экспериментальные значения кратности и соответствующие им значения устойчивости, установлен линейный характер зависимости данных характеристик, которая выражается следующим образом:

$$C = \gamma K \qquad (1)$$

где γ – эмпирический коэффициент, зависящий от физико-химических свойств пенообразователя.

Для пенообразователя общего назначения ПО-6РЗ (6 %), при условии, что устойчивость пены определяется как время разрушения 25 % объема пены, коэффициент γ оказался равен 13,84 [5]. Таким образом, по причине линейной зависимости устойчивости пены от ее кратности при исследованиях можно ограничиваться изучением только кратности пены, а ее устойчивость определяется путем умножения значения кратности на соответствующий коэффициент пропорциональности для того или иного пенообразователя.

В рамках данной работы определялась справедливость выражения 1 для других марок пенообразователей. Экспериментальные исследования кратности и устойчивости пены проводились на установке, схема которой представлена на рисунке 1. В качестве жидкой среды, которая подавалась по трубопроводам к оросителю 7 (рис. 1) для генерирования пены, поочередно применялись рабочие растворы двух пожарных пенообразователей: 1%-ый водный раствор ОПС-0,4, который относится к пенообразователям-смачивателям, и 6%-ый водный раствор Синтек-6НС, который является пенообразователем общего назначения. Эксперименты проводились при нормальных условиях окружающей среды. Давление перед оросителем составляло 0,1 МПа. Устойчивость пены определялась как время разрушения 25 % объема пены.

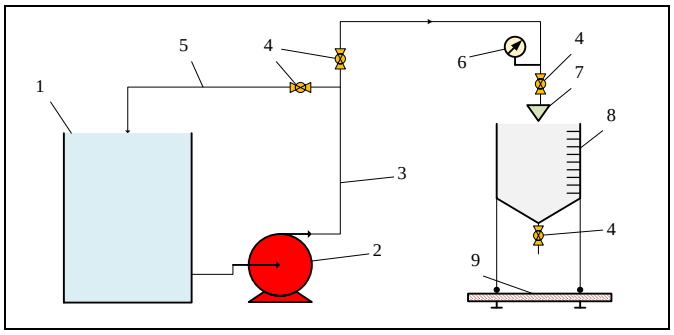
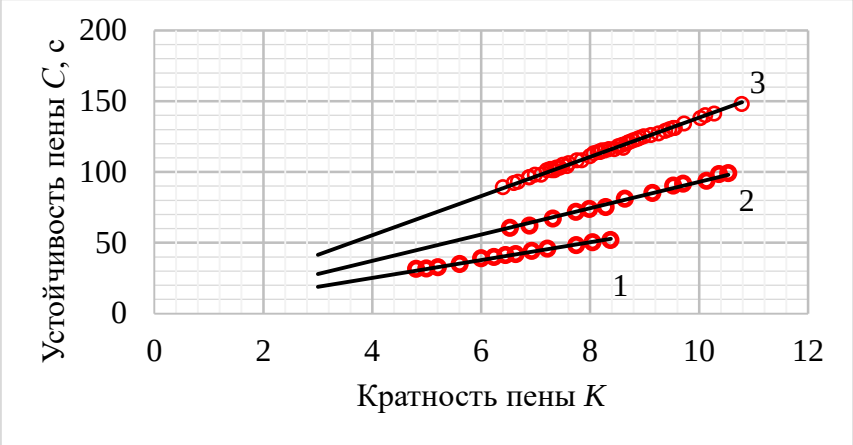


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – емкость для раствора пенообразователя; 2 – насос; 3 – основной трубопровод; 4 – кран; 5 – обводной трубопровод; 6 – манометр; 7 – сборно-разборный ороситель; 8 – емкость для сбора пены; 9 – электронные весы

Определение качественных характеристик пены осуществлялось для 13 конфигураций сборно-разборного оросителя [7], имеющими различные геометрические параметры основных элементов (дужек и розетки). Применялись комбинации следующих основных геометрических параметров: длина дужек L (30, 50, 150 мм), коэффициент рабочей поверхности K_s (54,6; 61; 81,7; 84,4 %), внешний диаметр розетки D (30, 50, 63 мм) и угол конусности розетки α (45°, 65°, 75°, 90°, 120°). За результат эксперимента принималось среднеарифметическое пяти параллельных измерений. Расхождение между результатами наиболее отличающихся измерений с доверительной вероятностью 0,95 было не более 10 % среднего значения.

Экспериментальные зависимости качественных характеристик пены друг от друга с применением различных марок пенообразователей приведены на рисунке 2.



1 – ОПС-0,4 (1 %); 2 – Синтек-6НС (6 %); 3 – ПО-6РЗ (6 %) согласно [5]

Рис. 2 – Зависимость устойчивости пены от ее кратности для различных марок пенообразователей

Из рисунка 2 видно, что зависимость C от K имеет линейный вид для всех марок пенообразователей, при этом формулам линий тренда (прямые линии) соответствуют коэффициенты детерминации $R^2 \geq 0{,}99$, что свидетельствует о высокой степени соответствия экспериментальным значениям. Эмпирический коэффициент γ для исследованных пенообразователей равен: для ОПС-0,4 (1 %) – 6,30; для Синтек-6НС (6 %) – 9,31.

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что ранее выявленный линейный характер зависимости устойчивости пены C от ее кратности K (формула 1) для пенообразователя ПО-6РЗ (6 %) справедлив и для других пенообразователей, в частности для ОПС-0,4 (1 %) при коэффициенте пропорциональности $\gamma = 6{,}30$ и для Синтек-6НС (6 %) при $\gamma = 9{,}31$. Актуально проведение дополнительных экспериментов с целью определения коэффициентов пропорциональности для более широкого ряда пенообразователей, в том числе пенообразователей специального назначения.

Литература

1. Ahrens, M. U.S. Experience with sprinklers : report / M. Ahrens. – Quincy: NFPA Research, 2017. – 35 p.

2. Камлюк, А.Н. Компрессионная пена для нужд пожарных подразделений: монография / А.Н. Камлюк, А.В. Грачулин. – Минск: УГЗ, 2019. – 224 с.

3. Rakowska, J. Best practices for selection and application of firefighting foam. MATEC Web Conf. (FESE 2018), Vol. 247, 8 p., 2018. https://doi.org/10.1051/matecconf/201824700014.

4. Laundess, A. J., Rayson, M. S., Dlugogorski, B. Z., Kennedy, E. M. Small-Scale Test Protocol for Firefighting Foams DEF(AUST)5706: Effect of Bubble Size Distribution and Expansion Ratio. Fire Technology, Vol. 47 (1), pp. 149–162, 2011. http://doi.org/10.1007/s10694-009-0136-2.

5. Лихоманов, А. О. Экспериментальное определение эффективности тушения пожара класса В пеной низкой кратности, генерируемой розеточными оросителями / А. О. Лихоманов, А. Н. Камлюк, А. В. Грачулин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 3. – С. 251–264. https://doi.org/10.33408/2519-237X.2019.4-3.251.

6. Kamluk A.N., Likhomanov A.O. Increasing foam expansion rate by means of changing the sprinkler geometry. *Fire Safety Journal*, 2019. Vol. 109. Pp. 102862-1–102862-8. DOI: 10.1016/j.firesaf. 2019.102862.

7. Сборно-разборный дренчерный ороситель : полез. модель BY 11801 / А. Н. Камлюк, А. В. Грачулин, А. О. Лихоманов, Э. Г. Говор. – Опубл. 30.10.2018.

К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕРЁВОЧНЫХ ПАРКОВ

Дроздов Дмитрий Александрович (d.a.drozdov97@mail.ru)

В работе рассмотрена проблема обеспечения пожарной безопасности верёвочных парков. На основе теории решения изобретательских задач разработана идея решения возникшей проблемы. Предложено внедрение автоматического канатно-спускового устройство закрытого типа в систему обеспечения своевременной эвакуации людей из верёвочных парков.

Ключевые слова: верёвочный парк, эвакуация, канатно-спусковое устройство, теория решения изобретательских задач.

ON THE ISSUE OF SOLVING THE PROBLEM OF ENSURING FIRE SAFETY OF ROPE PARKS

Drozdov Dmitry Aleksandrovich (d.a.drozdov97@mail.ru)

The paper considers the problem of ensuring fire safety of rope parks. On the basis of the theory of solving inventive problems, the idea of solving the problem has been developed. It is proposed to introduce an automatic rope-lowering device of a closed type in the system of ensuring the timely evacuation of people from rope parks.

Keywords: rope park, evacuation, rope-launching device, theory of solving inventive problems.

Согласно п.3.1.1 ГОСТ Р 56986-2016 «Безопасность веревочных парков. Требования безопасности при проектировании, монтаже и эксплуатации» ***веревочный парк****: Конструкция, состоящая из одного или нескольких уровней, опорных систем, и при необходимости, линий страховки и (или) систем обеспечения безопасности согласно рисунку 1.*

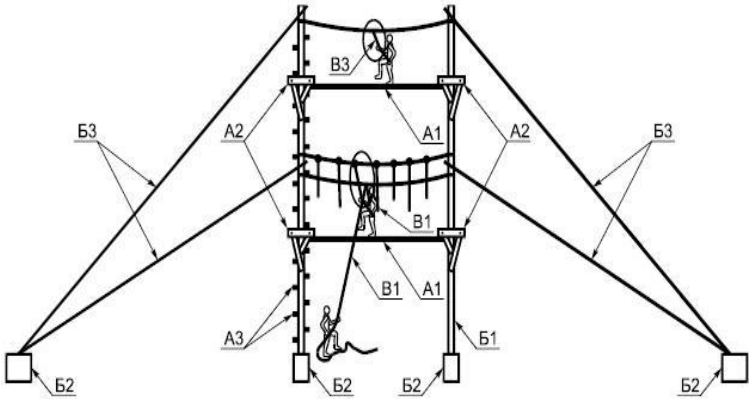


Рис. 1 - Пример веревочного парка

А - рабочие системы: А1 - элементы, А2 - платформы, А3 - лестницы; Б - опорные системы: Б1 - опоры (чурбаки, булыжники, иные опорные конструкции), Б2 - фундаменты, анкеры, Б3 - оттяжки; В - страховочные линии: В1 - страховочная линия с ассистентом, В3 – самостраховка.

Для оценки обеспечения пожарной безопасности людей при их нахождении в верёвочном парке ранее был проведён ряд мероприятий, а именно анализ нормативной базы; анализ методик оценки пожарных рисков; наблюдение за эксплуатацией веревочного парка и опрос сотрудников, представляющих развлекательные услуги, а также моделирование возможного пожара, которые показали, что принятые организационно-технические меры по обеспечению безопасности людей (детей) при пожаре не могут быть признаны эффективными, достаточными и обоснованными [2, 3].

В этой связи становится крайне необходим поиск решения (идеи) по обеспечению эвакуации человека (ребёнка) из помещения верёвочного парка до наступления критических значений опасных факторов пожара.

Для решения вышеописанной проблемы был применён алгоритм решения изобретательских задач [1]. Последовательность поиска идеи для решения вышеописанной задачи по обеспечению своевременной эвакуации человека (а в частности ребёнка) из помещения верёвочного парка представляется собой следующий процесс:

1. Подробно описывается сложившаяся ситуация – «Во время пребывания в верёвочном парке может быть причинён вред жизни и здоровью людей (в частности детей) в случае возникновения пожара, так как они (люди) жёстко закреплены на высоте маршрута парка (для предотвращения травмирования в случае срыва) и не имеют возможности спуститься вниз»;

2. Ставится задача – «Необходимо, чтобы люди могли покинуть помещение верёвочного парка до наступления критических значений опасных факторов пожара»;

3. Представляется идеальный вариант решения выбранной задачи* – «Как только возник пожар, все люди единовременно оказались не на высоте маршрута парка, а внизу (на полу)»:

*Использование 3-х вспомогательных операторов:

3.1.Увеличение степени управляемости – «система сама перемещает людей вниз, без какого-либо воздействия извне»;

3.2.Увеличение степени идеальности – «система перемещает людей вниз только в необходимый момент (при возникновении пожара), всё остальное время она выступает в качестве жёсткого крепления на высоте для исключения возможности травмирования при срыве»;

3.3.Выявление нежелательных эффектов:

- «габариты системы не должны препятствовать прохождению маршрута парка»;
- «масса системы должна позволять использовать её детьми»;

- «какие-либо элементы системы не должны иметь негативного воздействия между собой, а также при взаимодействии с внешней средой»;

4. Выявляется противоречие – «Человек не может быстро спуститься вниз, так как жёстко закреплён к направляющему тросу. Если же он не будет закреплён, то может травмироваться при падении с высоты»;

5. Сформирована идея – «Разработать специальное техническое устройство для спуска, которое:

А) должно обладать таким эффектом, чтобы во время прохождения маршрута парка человек был жёстко закреплён на высоте, в целях исключения возможности получения травмы при срыве, а вместе с этим в нужный момент (при возникновении пожара или ЧС) мог своевременно спуститься;

Б) должно быть небольших размеров, а в частности иметь небольшую массу для возможности использования его детьми;

В) должно работать самостоятельно (быть автоматическим, самоуправляемым), без какого-либо воздействия из вне;

Г) не должно вызывать какого-либо нежелательного эффекта.»

Дальнейший анализ сформулированных условий и применяющихся на практике решений, для обеспечения спуска с высоты, позволил разработать примерную схему такого устройства (см. рисунок 2).

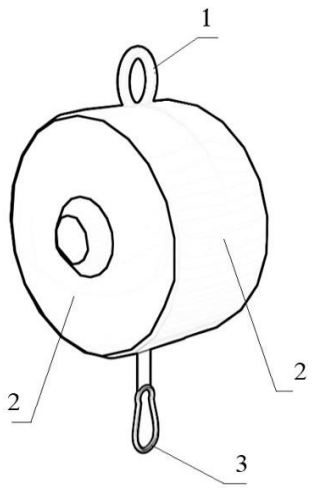


Рис. 2 – Примерная схема спускового устройства
1 – кольцо для закрепления устройства к направляющему тросу;
2 – корпус устройства; 3 – спусковая стропа с карабином.

Для оценки правильности полученного решения проведен анализ предложенной модели устройства и условий ее применения:

а) при прохождении маршрута парка человек закреплён на высоте при помощи направляющего троса, однако теперь, в случае возникновения

пожара у него есть возможность плавно спуститься вниз с безопасной скоростью;

б) спусковое устройство имеет массу менее 2-х килограмм, что позволяет использовать его не только взрослым, но и детям;

в) для применения устройства не требуется какого-либо дополнительного воздействия из вне, человеку нужно лишь сойти с маршрута парка;

г) в связи с тем, что устройство замкнутого типа, спусковая стропа смотана в катушку и находится внутри, тем самым, не путается со спусковыми стропами других устройств и конструкциями парка.

Таким образом, разработанная модель устройства полностью отвечает условиям сформированной идеи.

В результате исследования можно сделать вывод, что использование теории решения изобретательских задач является эффективным методом решения научных и практических задач в области обеспечения пожарной безопасности.

Литература

1. Теория решения изобретательских задач: Справка ТРИЗ-88/Г.С. Альтшуллер. - Баку, 1988. - 20 с.

2. Дроздов Д.А., Ягодка Е.А. Специальное техническое устройство для эвакуации детей из верёвочных парков. Научный журнал «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация» Академия ГПС МЧС России, Москва – 2020 – 1-20. – С. 60-65.

3. Ягодка Е.А., Дроздов Д.А. Материалы VIII-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2019». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 56-61.

АНАЛИЗ ПОЖАРОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ, СВЯЗАННЫХ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ГОРЮЧЕЙ ПЫЛИ

Калиев Олег Сергеевич (olegkaliev95@yandex.ru)

В работе проведен анализ статистических данных пожаров, связанных с выделением горючей пыли. Рассмотрены крупные пожары, связанные с выделением горючей пыли за рубежом. Для снижения пожароопасности объектов, на которых обращаются горючие пыли, предложено совершенствование автоматизации систем аспирации.

Ключевые слова: пылеулавливание, пыль, горючая пыль, взрывопожаробезопасность, производственные объекты.

ANALYSIS OF FIRES AT PRODUCTION FACILITIES ASSOCIATED WITH THE RELEASE OF COMBUSTIBLE DUST

Kaliyev Oleg Sergeyevich (olegkaliev95@yandex.ru)

The paper analyzes statistical data on fires associated with the emission of combustible dust. Major fires associated with the release of combustible dust abroad have been considered. To reduce the fire hazard of facilities where combustible dusts are handled, it is suggested to improve the automation of aspiration systems.

Keywords: dust collector, dust, combustible dust, explosion and fire safety, production units.

В соответствии со статистикой МЧС России за 12 месяцев 2020 года в Российской Федерации зарегистрировано 439100 пожаров [1], из более 570 произошли на производственных объектах. Более 8,4 тысяч человек было травмировано из общего числа этих пожарах. Из-за неисправности производственного оборудования или нарушения технологического процесса производства произошло 76 пожаров. Остальные пожары на производственных объектах произошли по другим причинам: неосторожное обращение с огнем, аварийный режим работы электрического оборудования, нарушения правил пожарной безопасности при сварочных работах.

Целью исследования является обеспечение пожарной безопасности на производственных объектах путем совершенствования мониторинга систем аспирации технологических операций, связанных с обращением горючей пыли.

Как известно, одними из опасных производственных процессов являются процессы, связанные с видами работ, при которых происходит выделение горючей пыли.

Борьба с производственной горючей пылью представляет одну из важнейших задач пожарной безопасности. Пыль является основной производственной вредностью в горнодобывающей промышленности (добыча угля, металлических руд и др.), в производстве строительных материалов (огнеупорные изделия, кирпич, цемент), фарфора-фаянсовый, мукомольной промышленности, чугуна-медно-сталелитейных и других цехах металлургической и машиностроительной промышленности, в подготовительных и прядильных цехах текстильной промышленности, сельском хозяйстве и многих других отраслях народного хозяйства.

За последние несколько лет произошло немалое количество взрывов и пожаров, связанных с выделением в процессе производства горючей пыли.

Эта проблема является актуальной не только на территории Российской Федерации, но и во всем мире.

01 апреля 2018 года в городе Тревильо в Италии произошел взрыв сушильной машины пищевых продуктах [2]. В компании, которая занималась этим вопросом производила корма для домашних животных. Как сообщали очевидцы: во время взрыва, жители, находящиеся неподалеку от производства, сообщили о запахе чего-то горелого. Когда техники вошли на объект, они определили, что мука сгорает в одной из сушилок. Двое техников поднялись на металлический пьедестал рядом с сушилкой, в то время как третий двинулся к заводу. Внезапно танк взорвался, убив двух человек на пьедестале. Пожарные, прибывшим на место взрыва потребовалось более двух часов, чтобы ликвидировать аварию. По итогу происшествия имеется мало информации о типе и степени полученных работниками травм, известно, что четверо человек пострадало. Во многих случаях смертельные травмы в подобных ситуациях происходят от того, что работников выбрасывают из платформы во время взрыва. Однако возможно и прямое воздействие волны давления, что приведет к разрыву сосудов в головном мозге.

11 марта 2020 года в городе Роуз Хилл в Северной Каролине на заводе по переработке пищевых отходов произошел взрыв в горячем цеху [3]. Компания, которая являлась предприятием по переработке пищевых отходов, создавала кормовые продукты для животных. Во время взрыва на объекте находились подрядчики, и как стало потом известно, выполняли огневые работы. Взрыв произошел в зоне готовой продукции завода, которая была охарактеризована как "пылевая зона". представителями компании. Была предложена версия, что разрешения на сварочные работы в «пылевых условиях» не выдавалось компанией в месте, где произошла авария. Во время сварочных произошел взрыв. Имеется мало информации о масштабах аварии и ее последствия. В результате пять рабочих получили ранения во время взрыва, в результате чего были незамедлительно доставлены тремя медицинскими вертолетами в госпиталь. Они были доставили по воздуху в региональный ожоговый центр, некоторые из них с ожогами третьей степени.

04 апреля 2020 года в штате Пенсильвания в США на металлургическом сталелитейном заводе произошел взрыв горючей металлической пыли, а в следствии пожар [4]. По данным Добровольной пожарной службы «Юнити», на предприятии происходил процесс работы с комбинациями титана и кальциевого порошка. В машине, в которой происходили процессы с обоими этими химическими веществами внутри, произошел пожар и взрыв. Около дюжины человек в то время находились внутри объекта и были эвакуированы. Они вызвали пожарных, и сообщили

о типе химикатов, о которых идет речь, так что пожарные могли быть осведомлены об опасностях. Система АУПТ предотвратила распространение огня. Тушение пожара продолжалось около 45 минут. В больницу были доставлены три работника с ингаляционными травмами, не представляющими угрозы для жизни.

19 мая 2020 года произошел взрыв горючей металлической пыли на химическом реакторе в лаборатории компании, которая располагалась в городе Сосан, Южная Корея [5]. Данная организация является химической компанией со штаб-квартирой в Сеуле, Южная Корея. Она была основана в 1947 году, имеет 62 представительства по всему миру и специализируется на производстве нефтехимической продукции, пластика, используемого в производстве автомобилей, бытовой техники и IT-устройств. 19 мая 2020 года, в 14:20 произошел взрыв, далее поступило сообщение о взрыве и пожаре в химической исследовательской лаборатории в Сеосане, Южная Корея. Один человек погиб и двое других получили ранения. По словам одного из источников, зажигание произошло при контакте воздуха с алюминием. Алкил, пирофорный тонкий порошковый материал, в то время как другой источник утверждал, что порошок взорвался из-за высокого давления при транспортировке. Пожарному экипажу удалось потушить пламя к 15:30. Покойным оказался 39-летний исследователь. Два других работника пострадали ожоги второй степени и были доставлены в районную больницу для лечения.

23 июня 2020 года произошел взрыв древесной пыли на гранулированном заводе в городе Джэффри, в штате Нью-Хэмпшир, США [6]. Компания, участвовавшая в инциденте, зарегистрирована как предприятие по производству древесных гранул. Она была основана в 1992 году в Массачусетсе, а в 1995 году переехала в штат Нью-Хэмпшир. 23 июня 2020 года на заводе по производству древесных гранул в Джэффри, штат Нью-Хэмпшир, поступило сообщение о взрыве пыли и пожаре. Первые подразделение пожарной охраны прибыло на завод около 21:30. Они обнаружили сильный задымленный участок в цеху по производству гранул и определили, что пожар произошел в цехах завода. Хотя система транспортировки гранул была серьезно повреждена, все сотрудники были эвакуированы. После того как пламя было потушено, пожарные обнаружили несколько более мелких участков возгорания на стальных балках кровли. Они загорелись из-за скопления древесной пыли. Тушение пожара заняло ориентировочно два с половиной часа. Начальник пожарной охраны Питерборо после сообщил, что горючая древесная пыль, по-видимому, загорелась в течение процесс изготовления гранул, в результате чего был ранен один работник, которого пришлось лечить от мелких травм на местном предприятии. Также на этом же объекте имели место пожары,

связанные с горючей пылью, а именно 23 октября 2011 года и 12 мая 2019 года.

Высокая концентрация горючей пыли в выбрасываемом воздухе может привести к катастрофическим последствиям. Технический прогресс и сопутствующий ему рост промышленности сопровождаются увеличением количества технологических процессов, связанных с выделением пыли. Поэтому в последние годы уделяется внимание к вопросам пылеулавливания.

Для технологических операций требования пожарной безопасности совпадают с нормами охраны труда и экологии, поэтому совершенствование мероприятий и технический устройств направленны на комплексное решение этих задач.

Согласно статье 48 [6] одной из целей системы обеспечения пожарной безопасности является исключение условий возникновения пожаров. Исключение условий возникновения пожаров достигается исключением условий образования горючей среды и (или) исключением условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

На производствах, связанных с обращением горючих пылей, горючей средой может выступать взрывопожароопасная пыль. Поэтому снижение ее содержания является прямым исполнением требования Федерального закона.

Одним из методов снижения концентрации горючей среды является организация и совершенствование автоматизации систем аспирации, поэтому рассматриваемые в работе проблемы актуальны с точки зрения пожарной безопасности. Основной задачей для решения этой проблемы является обеспечение пожарной безопасности на производственных объектах путем усовершенствования мониторинга систем аспирации технологических операций, связанных с обращением горючей пыли.

Литература

1. МЧС: количество пожаров в 2020 году / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4359846 (дата обращения: 10.03.2021).

2. Grain Dryer Explosion at Italian Pet Food Manufacturer Kills Two Men / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://dustsafetyscience.com/grain-dryer-explosion-treviglio-italy (дата обращения: 10.03.2021).

3. Five injured in Duplin County plant explosion / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://www.witn.com/content/news/Multiple-helicopters-called-to-Duplin-County-plant-explosion-568701251.html (дата обращения: 10.03.2021).

4. Explosion and Fire at Steel Manufacturer Leaves Three Injured / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://dustsafetyscience.com/dust-explosion-plum-borough-pennsylvania/ (дата обращения: 10.03.2021).

5. One Killed and Two Injured in Explosion at South Korean Chemical Lab / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://dustsafetyscience.com/dust-explosion-seosan-south-korea/ (дата обращения: 10.03.2021).
6. Employee injured in New England Wood Pellet fire Tuesday / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://www.ledgertranscript.com/Employee-transported-to-hospital-after-New-England-Wood-Pellet-fire-jaffrey-tuesday-34915940 (дата обращения: 10.03.2021).
7. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ.

АНКЕТНЫЙ ОПРОС В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

Шихалев Денис Владимирович (evacsystem@gmail.com)

В работе приводится обоснование необходимости проведения анкетного опроса руководителя организации в области управления системой обеспечения пожарной безопасности объекта. Разработаны вопросы для его проведения и составлена анкета для индивидуального интервьюирования.

Ключевые слова: анкетный опрос, управление, система обеспечения пожарной безопасности.

SURVEY IN THE FIELD OF MANAGEMENT OF THE FIRE SAFETY SYSTEM OF THE FACILITY

Shikhalev Denis Vladimirovich (evacsystem@gmail.com)

The paper provides a justification for the need to conduct a questionnaire survey of the head of the organization in the field of managing the fire safety system of the facility. Questions for its implementation have been developed and a questionnaire has been drawn up for individual interviewing.

Keywords: questionnaire survey, management, fire safety system.

В настоящее время на руководителя объекта возлагается ответственность по созданию системы обеспечения пожарной безопасности объекта (СОПБ) и осуществлению непосредственного руководства СОПБ [1]. В тоже время, руководитель объекта может назначить лиц, ответственных за обеспечение пожарной безопасности в организации [2]. Таким образом, ответственность по управлению СОПБ возлагается на руководящее звено организации.

Классический управленческий цикл (комплекс задач управления) [3, 4] включает в себя следующие этапы:

1. Мониторинг и анализ текущего состояния системы;
2. Прогноз развития;
3. Целеполагание;
4. Выбор технологии деятельности;
5. Планирование и распределение ресурсов;
6. Стимулирование (мотивация);
7. Контроль и оперативное управление;
8. Анализ и улучшение деятельности.

Первым и важным этапом является мониторинг и анализ текущего состояния управляемой системы, в рассматриваемом случае СОПБ объекта. Однако в настоящее время, область мониторинга и анализа текущего состояния СОПБ объекта именно со стороны руководителя объекта слабо и недостаточно развита. И именно это может способствовать возникновению пожаров и последующих последствий.

Для оценки данной гипотезы планируется проведение опроса руководителей организации и лиц, ответственных за обеспечение пожарной безопасности в организации. Для проведения опроса необходимо разработать советующую анкету, которая позволит оценить квалификацию руководителя и охватить вопросы управленческой деятельности.

Цель проведения опроса – определение особенностей функционирования системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты и поиск мероприятий по её совершенствованию.

Опрос планируется провести апробированным методом индивидуального анкетирования [5-7]. Анкетирование планируется анонимным и обезличенными, без прямой привязки к конкретной организации.

Для проведения анкетирования разработана вопросы, которые планируется поставить перед руководителем организации для достижения цели анкетирования.

В таблице 1 приведены вопросы, которые планируется включить в состав анкеты.

Таблица 1 – Вопросы анкеты опроса руководителей объекта

Номер вопроса	**Цель вопроса**	**Вопрос**	**Вариант ответа**
1	Возрастная идентификация	Укажите Ваш возраст	Ответ в произвольной форме
2	Половая идентификация	Укажите Ваш пол	Мужской
			Женский
3	Оценка квалификации	Укажите уровень Вашего образования	Бакалавр Специалист

Продолжение таблицы 1

Номер вопроса	Цель вопроса	Вопрос	Вариант ответа
			Магистр
			Ученая степень
4	Оценка квалификации	Укажите профиль Вашего образования	Технический
			Гуманитарный
5	Оценка квалификации	Укажите вашу текущую должность	Руководитель объекта (генеральный директор, председатель правления и др.)
			Лицо, назначенное ответственным за пожарную безопасность в организации
6	Оценка опыта	Укажите Вашу продолжительность работы в текущей должности (лет)	менее 1 года
			от 1 года до 3 лет
			от 3 до 5 лет
			свыше 5 лет
7	Оценка опыта	Укажите Ваш опыт работы на руководящих должностях (лет)	менее 1 года
			от 1 года до 3 лет
			от 3 до 5 лет
			свыше 5 лет
8	Установление области деятельности	Укажите вид деятельности вашей организации (например, производство, торговля, консалтинг и т.д.)	Ответ в произвольной форме
9	Установление области деятельности	Укажите область деятельности вашей организации (например, медицина, безопасность, информационные технологии и т.д.)	Ответ в произвольной форме
10	Оценка влияния ответственности	Ваша организация является собственником помещений/здания, в котором она располагается?	Да
			Нет (аренда/субаренда)
11	Оценка влияния ответственности	Укажите место, которое организации занимает в здании	Все здание целиком
			Группа помещений
12	Оценка объема ответственности	Укажите суммарную площадь здания (помещений), в котором располагается ваша организация, $м^2$	до 500
			от 500 до 2 000
			от 3 000 до 10 000
			от 10 000 до 50 000
			свыше 50 000

Продолжение таблицы 1

Номер вопроса	Цель вопроса	Вопрос	Вариант ответа
13	Оценка влияния ответственности	Ваша организация располагается в одном здании?	Да
			Нет (укажите количество зданий и их суммарную площадь)
14	Оценка объема ответственности	Укажите количество ваших подчиненных (сотрудников организации):	до 10 человек
			от 10 до 50 человек
			от 50 до 200 человек
			от 200 до 1000 человек
			свыше 1000 человек
15	Оценка объема ответственности	Укажите среднее количество человек находящихся в день в вашей организации (включая посетителей, арендаторов/субарендаторов)	до 10 человек
			от 10 до 50 человек
			от 50 до 200 человек
			от 200 до 1000 человек
			свыше 1000 человек
16	Оценка опыта и знаний о пожаре	Были ли в Вашей организации ситуации, связанные с реальным пожаром или возгоранием?	Был пожар
			Было возгорание
			Нет
17	Оценка опыта и знаний о пожаре	Слышали ли Вы от близких знакомых/друзей о том, что в их организации произошла ситуация, связанная с реальным пожаром или возгоранием?	Был пожар
			Было возгорание
			Нет
18	Оценка знаний о пожарной безопасности	Знаете ли Вы что такое система обеспечения пожарной безопасности объекта?	Да
			Нет
19	Оценка знаний о пожарной безопасности	Перечислите основные компоненты системы обеспечения пожарной безопасности объекта	Ответ в произвольной форме
20	Оценка знаний о пожарной безопасности	Выберите, что характеризует состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров (допускается выбор только одного варианта)	Пожарная безопасность
			Пожарный риск
			Потенциальная пожарная опасность

Продолжение таблицы 1

Номер вопроса	Цель вопроса	Вопрос	Вариант ответа
21	Оценка текущих организационных мероприятий	Назначен ли в Вашей организации ответственный за пожарную безопасность?	Да
			Нет
22	Оценка понимания о состоянии пожарной безопасности	Как Вы считаете, достаточно ли Вы о осведомлены состоянии пожарной безопасности в организации?	Да
			Нет
23	Оценка понимания о состоянии пожарной безопасности	Оцените от 1 до 10 состояние пожарной безопасности в Вашей организации, где 10 – наивысшая оценка (отличное состояние пожарной безопасности).	
24	Оценка основ выбора решения	На основании чего Вы приняли решение о такой оценке (укажите, что являлось основой для принятия такого решения)?	Личное мнение
			Доклад подчиненных
			Другое (указать на основании чего дана такая оценка)
25	Оценка основ выбора решения	Из каких параметров у Вас складывается мнение о состоянии пожарной безопасности в организации (допускается выбор нескольких вариантов ответа)?	Личное мнение
			Исправны противопожарные системы
			Отсутствие возгораний
			Отсутствие замечаний со стороны МЧС
			Все замечания со стороны МЧС были устранены
			Выполнены все требования пожарной безопасности
			Доклад подчинённых
			Регулярно проводятся инструктажи и тренировки
			Свой вариант
26	Оценка	Укажите, как осуществляется управление пожарной	Ответ в произвольной форме

Продолжение таблицы 1

Номер вопроса	Цель вопроса	Вопрос	Вариант ответа
	управленческого аспекта	безопасностью в вашей организации	
27	Оценка управленческого аспекта	Укажите, почему выбраны именно такие способы управления пожарной безопасностью в вашей организации	Ответ в произвольной форме
28	Оценка управленческого аспекта	Укажите, каким способом осуществляется контроль состояния пожарной безопасностью в вашей организации	Ответ в произвольной форме
29	Оценка управленческого аспекта	Укажите, почему выбраны именно такие способы контроля состояния пожарной безопасности в вашей организации	Ответ в произвольной форме
30	Оценка управленческого аспекта	Как часто осуществляется контроль состояния пожарной безопасности в организации?	Каждый день
			1 раз в неделю
			1 раз в месяц
			1 раз в квартал
			1 раз в полгода
			1 раз в год
			Никак не осуществляется
31	Оценка управленческого аспекта	Принимаете ли Вы меры по повышению состояния пожарной безопасности?	Да
			Нет
32	Оценка управленческого аспекта	Какие меры принимаются для повышения уровня пожарной безопасности в организации?	Ответ в произвольной форме
33	Оценка управленческого аспекта	На основании чего такие меры были выбраны?	Ответ в произвольной форме
34	Оценка мотивации в обеспечении пожарной безопасности	Укажите, что для Вас является мотивацией в обеспечении пожарной безопасности вашего объекта	Штрафы за неисполнение
			Требования законодательства
			Приказ вышестоящего руководства
			Другое (допускается вписать свой вариант)
35	Оценка	Оцените от 1 до 10 достаточно	от 1 до 10

Продолжение таблицы 1

Номер вопроса	Цель вопроса	Вопрос	Вариант ответа
	состояния пожарной безопасности	ли собственник здания (управляющая компания) уделяют внимание вопросу обеспечения пожарной безопасности, где 10 – наивысшая оценка (отличное состояние пожарной безопасности)	
36	Оценка объема ответственности	Лежит ли на Вас ответственность за ПБ в договоре аренды/субаренды?	Да (частичная)
			Да (вся полностью)
			Нет
37	Уточнение дополнительной информации	Укажите информацию, которая на Ваш взгляд касается вопроса пожарной безопасности в организации, но не была затронута в рамках настоящего опроса	Ответ в произвольной форме

Разработанная анкета позволит оценить в первом приближении представление руководителя объекта о системе обеспечения пожарной безопасности, текущих способах её управления и контроля, а также установить количественные взаимосвязи между параметрами опроса.

Опрос планируется провести с применением современных информационных технологий в автоматизированном виде с применением дистанционных технологий.

Заключение

Разработаны вопросы для проведения индивидуального анкетирования руководителя организации (лиц, ответственных за обеспечение пожарной безопасности), что позволит решить следующие задачи:

- провести исследование организации управления системой обеспечения пожарной безопасности на объекте;
- сформулировать существующие организационные проблемы в области управления пожарной безопасностью объекта;
- провести исследование способов повышения уровня пожарной безопасности объекта.

В дальнейшем планируется провести оценку требуемого размера выборки для проведения опроса, непосредственно проведение опроса, обработка результатов и установление закономерностей.

Литература

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2020. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

2. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 сентября 2020 № 1479: // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2020. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

3. Новиков, Д.А. Методология управления [Текст] / Д.А. Новиков, – М.: Либроком, 2011. – 128 с.

4. Новиков, Д.А. Структура теории управления социально–экономическими системами [Текст] / Д.А. Новиков // Управление большими системами: сб. трудов. – 2009. – № 24. – С. 216–258.

5. Бешелев, С.Л., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С.Л. Бешелев, Ф.Г. Гурвич, – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

6. Литвак, Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений [Текст] / Б.Г. Литвак, – М.: Патент, 1996. – 271 с.

7. Налимов, В.В., Голикова, Т.И. Логические основания планирования эксперимента [Текст] / В.В. Налимов, Т.И. Голикова, – М.: Металлургия, 1981. – 152 с.

К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дроздов Дмитрий Александрович (d.a.drozdov97@mail.ru),
Ягодка Евгений Алексеевич (e.a.yagodka@mail.ru)

В работе проведён анализ влияния инноваций на экономическое развитие государства. Рассмотрена проблема решения инновационных задач в области пожарной безопасности. В качестве способа разрешения возникшей проблемы предложено использование концептуально организованной базы данных ранее проведённых исследований.

Ключевые слова: инновации, экономическое развитие, пожарная безопасность, уникальные задачи, информационная база данных.

ON THE ISSUE OF SOLVING INNOVATIVE PROBLEMS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

Drozdov Dmitry Aleksandrovich (d.a.drozdov97@mail.ru),
Yagodka Yevgeny Alekseyevich (e.a.yagodka@mail.ru)

The paper analyzes the impact of innovations on the economic development of the state. The problem of solving innovative problems in the field of fire safety is considered. The use of a conceptually organized database of previously conducted studies is proposed as a way to solve the problem.

Keywords: innovations, economic development, fire safety, unique tasks, information database.

В современных условиях тенденции экономического развития ведущих стран мира характеризуются определенным комплексом общих глубинных закономерностей, связанных в первую очередь со становлением инновационной модели экономического роста, повышением роли соответствующих аспектов в политической повестке на международном и национальном уровнях [1].

По мнению американского экономиста, нобелевского лауреата Джозефа Стиглица, инновации — единственный реальный источник увеличения богатства для современного мира в целом [2].

В современных условиях, правительства различных стран инвестируют огромные средства в научные исследования и инновационную деятельность, например, Германия на научные исследования и разработки направила около 2,7 % ВВП, США — 2,8 %, Япония — около 3,5 %. Страны с переходной экономикой тратят значительно меньше: Белоруссия — 0,74 % ВВП, Россия — 1,04 %.

По данным ОЭСР (OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: THE DIGITAL TRANSFORMATION) в большинстве стран, ориентированных на создание технологических инноваций (таких как Китай, Республика Корея, Япония, Соединенные Штаты, Германия, Великобритания, Франция и др.), доля бизнес сектора в совокупных расходах страны на НИОКР превышает 40%, в то время как в России в 2016 году данный показатель достиг лишь 28,1% (рисунок 1) [3].

На основе метода анализа среды функционирования проведено исследование конкурентоспособности экономики стран Европы и влияния инновационной деятельности на вышеописанный показатель. Полученные данные показали, что наилучшие результаты по преобразованию затрат в продукт инновационной деятельности у таких стран как США, Япония, Южная Корея, Германия. В то же время Республика Беларусь, Российская Федерация и другие страны с переходной экономикой используют средства неэффективно.

В целях роста и повышения эффективности инновационной деятельности в Российской Федерации Заместителем Министра экономического развития Российской Федерации Засельским П.В. предложено возрождение движения рационализаторов: *«Мы очень хотим*

возродить движение рационализаторов, утраченное с развалом СССР. Знания людей, техническая смекалка - это огромный ресурс для повышения производительности труда. Я говорю не только о прорывных идеях, с которыми потом не стыдно обратиться в Роспатент за авторским свидетельством. Это удел немногих сильнейших. Наша же задача в первую очередь мотивировать сотрудников предприятий искать и предлагать способы сделать работу более эффективной. Показать, что за это хвалят, а не ругают. Лучшие идеи могут и в патенты потом вырасти».

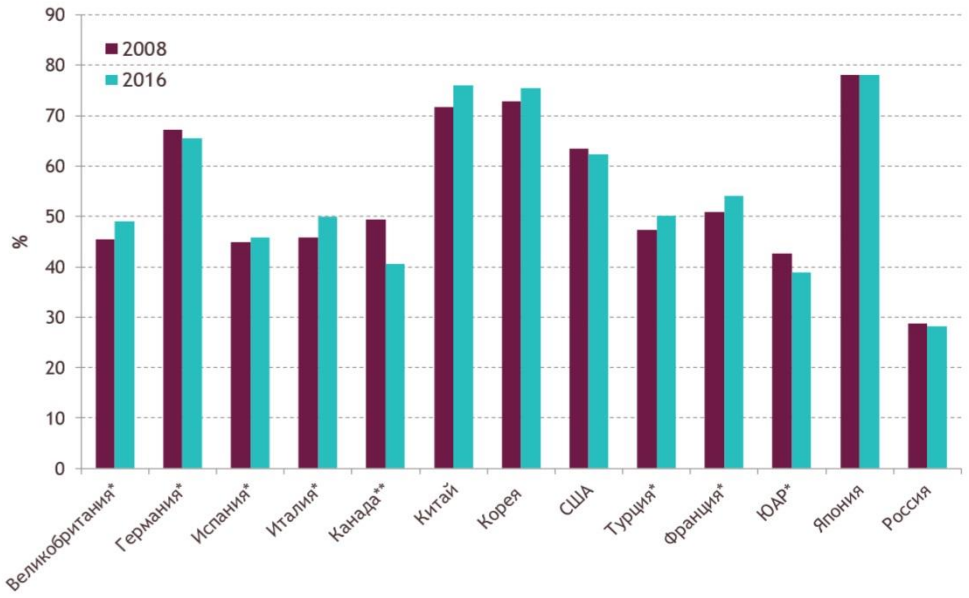


Рис. 1 – Доля бизнеса в совокупных расходах на НИОКР в некоторых странах мира за 2008 и 2016 годы, %

В деятельности по обеспечению пожарной безопасности одной из причин низкой эффективности инновационной деятельности является использование способов несоответствующих классу (типу) решаемых задач [6]. В связи с этим целесообразно определить при решении какого класса задач возможно эффективное применение рационализаторских подходов.

Существует три типа задач, встречающихся в представленной сфере: стандартные (типовые), не стандартные (адресные) и инновационные (уникальные). Примером типовой задачи является разработка системы обеспечения пожарной безопасности объекта на основе готовых стандартизированных решений, содержащихся в нормативных актах и документах по пожарной безопасности. К нестандартным задачам, может быть отнесена разработка адресной системы обеспечения пожарной безопасности, основу которой составляют противопожарные мероприятия,

обоснованные результатами расчетной оценки пожарных рисков с учетом индивидуальных особенностей объекта. Инновационный тип задач характеризуется тем, что для их решения требуется проведение новых (дополнительных) исследований, поскольку существующие результаты (достижения) не могут быть использованы в качестве решения. В деятельности по обеспечению пожарной безопасности к классу таких задач может быть отнесена разработка Специальных технических условий - уникальной системы обеспечения пожарной безопасности, основу которой должны составлять результаты исследований.

Вместе с тем, в существующей практике для решения нестандартных и уникальных задач в области пожарной безопасности применяются решения, соответствующие классу типовых задач. Так, например, при разработке Специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности применяются типовые (готовые) решения из документов по стандартизации, что приводит к социально-экономической неэффективности системы обеспечения пожарной безопасности объекта [6, 8].

В качестве примера уникальной задачи, предлагается рассмотреть проблему обеспечения безопасной эвакуации людей из верёвочных парков, которая заключается в отсутствии возможности своевременной эвакуации людей (детей) при их нахождении на высоте в момент возникновения пожара [4]. При этом готовые решения этой проблемы в нормативной базе отсутствуют, а разработка новых на основе существующих методов оценки пожарных рисков не представляется возможной.

В этой связи для решения задачи проведено исследование, в ходе которого: проанализированы нормативная база и методики оценки пожарных рисков, произведены наблюдение за эксплуатацией веревочного парка, опрос сотрудников и моделирование возможного пожара, разработана модель нового специального спускового устройства и произведены ее испытания. В результате предложено инновационное решение в виде специального технического устройства, обеспечивающего своевременную эвакуацию людей (детей) с высоты маршрута верёвочного парка [5]. Проведение исследования заняло у авторов примерно два календарных года, включая корректировку модели устройства и повторные ее испытания. Обеспечить достижение требуемого результата позволило использование концептуальной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности, разработанной профессором Козлачковым В.И. [6], на основе которой первоначально был проведен анализ проблемы и сформулированы предмет и задачи исследования.

Вместе с тем, в большинстве случаев главными причинами неудач и затягивания сроков проведения научных исследований является формулировка проблемы, точное определение предмета и задач

исследования. Аспиранты (адъюнкты), в подавляющем большинстве своем, не успевают в течение трех лет нахождения в аспирантуре (адъюнктуре) решить эти проблемы.

В США, в некоторых научно-исследовательских центрах, при проведении экспресс-исследований, решают эти задачи в течение месяца (т.е. в 36 раз быстрее) путем использования систем электронного поиска. Однако такая скорость не дает существенных результатов, т.к. электронный поиск в стохастичных (концептуально неорганизованных) информационных полях дает очень высокую погрешность, которая, впоследствии, компенсируется гипотетической (непроверенной) информацией – эрзац-информацией [6].

Следовательно, в целях повышения результативности и эффективности решения инновационных задач необходима предварительная организация информационных полей, а также применение адекватных методов обработки информации. Для этого, авторами предлагается формирование на основе концептуальной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности функционально организованной базы данных, содержащей результаты исследований в области пожарной безопасности и смежных областях; а также использование методов теории решения изобретательских задач, позволяющей найти эффективное решение в условиях дефицита времени.

Функционально организованная база данных в совокупности с методами теории решения изобретательских может быть использована в качестве информационно-аналитической системы поддержки принятия управленческих решений при осуществлении инновационной деятельности в области пожарной безопасности, в частности при разработке Специальных технических условий.

При этом, «*Использование концептуально организованной технологии информационного поиска, формулирования проблемы, предмета и задач исследования позволит решать уникальные (инновационные) задачи в течение одной недели при высоком уровне гарантии получения необходимых результатов исследования*» [7].

Результаты исследования позволили определить область применения рационализаторских подходов в деятельности по обеспечению пожарной безопасности – решение уникальных (инновационных) задач, требующих поиска новых знаний и разработок. Для повышения эффективности инновационной деятельности планируется:

- систематизация исследований в области пожарной безопасности на основе концептуальной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности;

- систематизация методов и способов решения рациоанализаторских задач;

- разработка алгоритма решения уникальных задач с использование функционально организованной базы данных исследований в области пожарной безопасности и теории решения изобретательских задач.

Литература

1. Гохберг Л.М., Кузнецова Т.Е. Инновации как основа экономического роста и укрепления позиций России в глобальной экономике // Вестник международных организаций. – 2012. – № 2 (37). – С. 101 – 117.

2. Джозеф Стиглиц. Люди, власть и прибыль. Прогрессивный капитализм в эпоху массового недовольства — М.: Альпина Паблишер, 2020. — 430 с. — ISBN 978-5-9614-3368-5.

3. Егоренко С.Н., Бондаренко К.А., Соловьева С.В. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации — 2018.

4. Ягодка Е.А., Дроздов Д.А. Материалы VIII-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2019». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 56-61.

5. Дроздов Д.А., Ягодка Е.А. Специальное техническое устройство для эвакуации детей из верёвочных парков. Научный журнал «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация» Академия ГПС МЧС России, Москва – 2020 – 1-20. – С. 60-65.

6. В.И. Козлачков Типовая и риск-ориентированная модели надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 328 с.

7. Козлачков В.И., Ершов А.В., Ягодка Е.А. и др. Функциональная организация информационной базы, обеспечивающей регулирование отношений в области пожарной безопасности. – М.: ВИНИТИ РАН, Деп. № 231В2008 от 17.03.2008 г.

8. Декина М.А., Ягодка Е.А. Разработка специальных технических условий на основе результатов исследований. Материалы VII-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2018». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 26-32.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЪЕМНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ГАЗОКОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Халиков Ринат Валерьевич (vokilah@rambler.ru),
Роенко Владимир Васильевич (piroemail@bk.ru),
Кармес Алексей Петрович (kapmec84@mail.ru),
Храмцов Сергей Петрович (petrovich-76@mail.ru),
Чистяков Тимур Игоревич (timurvdonsk@mail.ru)

Анализом пожаров газокомпрессорных станций установлена необходимость моделирования процесса объемного тушения пожара. Разработана модель, определены границы ее применения.

Ключевые слова: газокомпрессорные станции, объемное тушение, моделирование, водная среда.

SIMULATION OF THE PROCESS OF VOLUMETRIC FIRE EXTINGUISHING OF GAS COMPRESSOR STATIONS

Khalikov Rinat Valeryevich (vokilah@rambler.ru),
Royenko Vladimir Vasilyevich (piroemail@bk.ru),
Karmes Aleksey Petrovich (kapmec84@mail.ru),
Khramtsov Sergey Petrovich (petrovich-76@mail.ru),
Chistyakov Timur Igorevich (timurvdonsk@mail.ru)

The analysis of fires of gas compressor stations has established the need for modeling the process of volumetric fire extinguishing. The model is developed, the limits of its application are defined.

Keywords: gas compressor stations, volumetric fire extinguishing, simulation, water environment.

Безопасность газокомпрессорных станций во многом определяется пожарной безопасностью, находящихся на ней объектов. Согласно статистическим данным ВНИИПО в период с 2013 по 2019 гг. на территории газокомпрессорных станций происходило от 15 до 18 пожаров и аварий ежегодно [1-3]. Более 70 % всех пожаров газокомпрессорных станций происходило в замкнутых объемах. Это обуславливает необходимость рассмотрения процессов объемного тушения данных объектов.

Одной самых главных причин возникновения пожаров и чрезвычайных ситуаций являются пожары жидкого углеводородного топлива [2-3]. Доля пожаров с участием данных веществ составляет более 40 % всех пожаров, происходящих на данных объектах (рис. 1).

Необходимо отметить, что эффективность тушения пожаров в замкнутых объемах газокомпрессорных станций существующими средствами пожаротушения составляет не более 57 %. Основной проблемой при объемном тушении пожаров с участием жидкого углеводородного топлива является сложность выбора эффективного способа подачи огнетушащего вещества в зону горения. Для решения данной проблемы необходимо разработать модель процесса объемного

пожаротушения данных веществ, учитывая их теплотехнические и гидродинамические параметры. При пожарах жидких углеводородов более чем 90 % горение происходит в газовой фазе [4-6]. Наибольшей эффективностью подавления газофазного горения являются водные растворы ингибирующих составов [6].

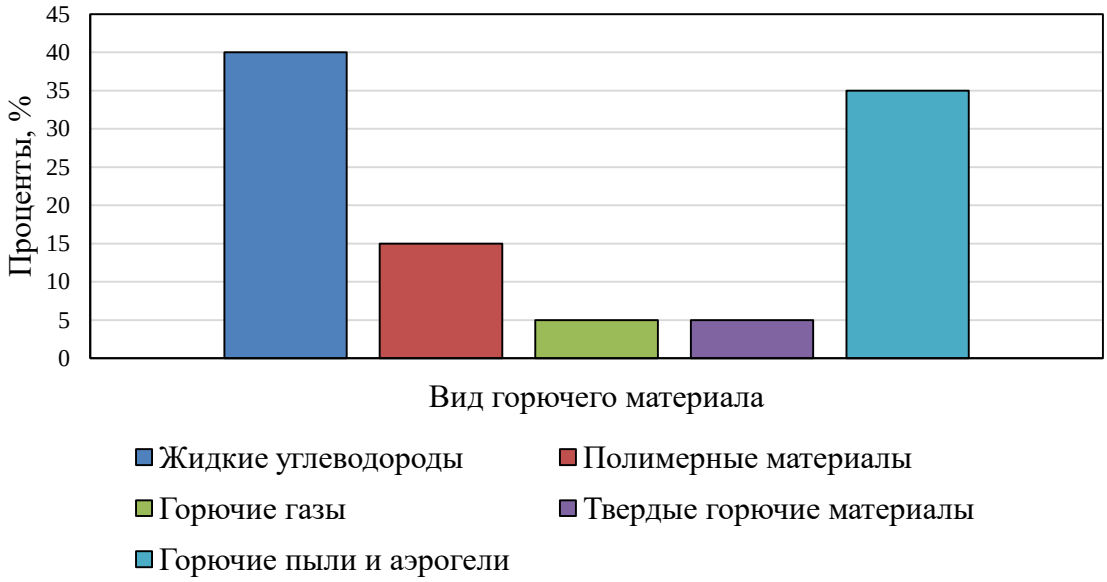


Рис. 1 – Гистограмма распределения пожаров от вида горючего на объектах нефтегазовой отрасли

Одним из основных параметров объемного тушения пожаров является время тушения пожара, которое определяется интенсивностью подачи водного раствора ингибирующей соли на основе метода [7].

Для определения времени объемного тушения пожара в замкнутом объеме водными струями ингибирующих солей используется уравнение материального баланса:

$$qdt = USdt + \rho hdS \quad (1)$$

где q – расход водного раствора ингибирующей соли, кг/с; t– время объемного тушения, с; U – удельная скорость выгорания жидкого углеводорода, кг/(с×м^2); S – площадь зеркала горения, м^2; ρ – плотность огнетушащего слоя, кг/м^3; h – толщина огнетушащего слоя над зеркалом горения.

Для решения уравнения 1 необходимо учесть, что толщина огнетушащего слоя, формирующегося над зеркалом горения неодинакова, поэтому вводим следующее выражение:

$$h = h_0 \left[1 + \left(\frac{J}{J_{кр}}\right)^n\right] \quad (2)$$

где h_0 – толщина огнетушащего слоя в месте в конкретной точке, м; J –значение интенсивности подачи ингибирующей соли, равная $\frac{q}{S}$, кг/(с×м^2); $J_{кр}$ – критическая интенсивность подачи ингибирующей соли (под критической интенсивностью подачи огнетушащего вещества понимают такую интенсивностью при которой еще происходит тушение), кг/(с×м^2); n – темп нарастания огнетушащего слоя.

Подставляя 2 решаем уравнение 1 при начальных условиях, когда $t = 0$, $S = 0$ получим:

$$t_р = -\frac{\rho h_0}{J_{кр}} \left[1 + \left(\frac{J}{J_{кр}}\right)^n\right] \ln\left(1 - \frac{J_{кр}}{J}\right) \quad (3)$$

Знак минус в формуле 3 указывает на то, что при интенсивности подачи огнетушащего вещества меньше критического тушение не происходит. Введем следующую область допустимого применения формулы 2 и 3:

$$h > H_{пом} \quad (4)$$

$$1 - \frac{J_{кр}}{J} > 0 \quad (5)$$

$$\ln\left(1 - \frac{J_{кр}}{J}\right) < 0 \quad (6)$$

Где $H_{пом}$ – средняя высота производственных помещений газокомпрессорных станций, м.

Таким образом использование разработанной модели 3 целесообразно при том условии, что высота пламенного горения меньше высоты помещения, в котором происходит горение. Кроме того, $J \in (J_{кр}; +\infty)$.

Критическое значение интенсивности определяется произведением флегматизирующей концентрацией раствора, подаваемого в зону горения, удельной скоростью выгорания исследуемого углеводорода и коэффициент использования огнетушащего состава [7]:

$$J_{кр} = U \times u_т \times \varphi_г \quad (7)$$

где U – удельная скорость выгорания горючего, кг/(с×м^2); $u_т$ – флегматизирующая концентрация водного раствора, %; $\varphi_г$ – коэффициент использования огнетушащего состава.

Выражение 4 позволяет сформулировать область использования данной модели в зависимости от площади зеркала горения, так как высота пламени зависит от площади растекания горючей жидкости [8, 9, 10]. Для введения соотношения высоты пламени от площади зеркала горения введем следующие допущения:

1. Конвективная колонка имеет коническую форму.
2. Границы конвективной колонки являются условно непроницаемыми.
3. Пренебрегаем влиянием кривизны условной поверхности конвективной колонки.
4. Принимаем границу пламенной зоны там, где смыкается концентрационный предел по кислороду.

Таким образом выражение, устанавливающее взаимосвязь между высотой пламени и площадью зеркала горения примет вид:

$$x_п = 84 \times \left(\frac{U \times \pi}{\rho_а \times S \times \sqrt{2g}} \right)^{0,61} \quad (8)$$

где $x_п$ – высота пламени, м; S – площадь зеркала горения, м^2; $\rho_а$ – плотность воздуха вне зоны горения, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Для расчетов примем величину плотности воздуха при 20°С равную 1,28 кг/м^3 и величину удельной скорости выгорания бензина, равную 0,05 кг/(с×м^2). Учитывая, что высота производственных помещений объектов газокомпрессорных станций согласно технической документации варьируется от 1,8 до 2,8 м, получим границы применения выражения 3 по площади зеркала горения: 123,3 м^2 от 214,09 м^2.

Таким образом, полученная модель 3 может применяться для моделирования процесса объемного пожаротушения газокомпрессорных станций с учетом установленных границ применения.

Исследование проводится при поддержке Фонда содействия инновациям по договору №15204ГУ/2020 от 05.06.2020.

Литература

1. Интернет-ресурс Федеральной службы государственной статистики Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/compendium (дата обращения 25.01.2021).

2. Р.В. Халиков Способы подавления процессов ионного обмена при горении жидких углеводородов [Электронный ресурс] // Материалы ежегодной международной

научно-технической конференции Системы безопасности. – 2019. – № 28. – С. 223-227. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42756850 (дата обращения 25.01.2021).

3. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2020, – 125 с.: ил. 42.

4. Зельдович Я.Б. Математическая теория горения / Я. Б. Зельдович, Г. И. Баренблат, В. Б. Либрович, Г. М. Махвиладзе. – М.: Наука, 1980. – 478 с.

5. Роенко В.В., Халиков Р.В. Пожаровзрывобезопасность замкнутых пространств объектов газокомпрессорных станций. [Электронный ресурс] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 1. – С. 30-35. – Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=42722653 (дата обращения 13.07.2020).

6. Азатян В.В. Особенности зависимости скорости газофазных реакций горения от температуры и состава смеси [Текст] / В.В. Азатян, И.А. Болодьян, В.Ю. Навценя, Ю.Н. Шебеко, А.Ю. Шебеко // Пожарная безопасность. – 2012 – № 4 – С. 40–47.

7. Корольченко Д.А. Анализ типового соотношения для описания зависимости времени тушения горючих жидкостей и удельного расхода различных огнетушащих веществ от интенсивности их подачи. [Электронный ресурс] / Д.А. Корольченко, А.Ф. Шароварников // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – № 3. – 11 с. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25779969 (дата обращения 04.10.2020).

8. Бородай С.П. Экспериментальные исследования структуры пламени и его воздействия на ограждающие судовые конструкции [Электронный ресурс] / С.П. Бородай, А.Н. Летин, С.В. Шедько // Труды Крыловского государственного научного центра. 2020. – №2 (392). – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-struktury-plameni-i-ego-vozdeystviya-na-ograzhdayuschie-sudovye-konstruktsii (дата обращения: 26.01.2021).

9. Пузач С.В. К определению высоты пламенной зоны при диффузионном горении жидкости [Электронный ресурс] / С.В. Пузач, Е.С. Абакумов // Пожаровзрывобезопасность. 2012. №2. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/k-opredeleniyu-vysoty-plamennoy-zony-pri-diffuzionnom-gorenii-zhidkosti-1 (дата обращения: 26.01.2021).

10. Daniel T., Joseph T., Frederick W. Fire dynamic of spill fires Spill Fires. — 2000. — P. 1–36.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГАЗОФАЗНОГО ИНГИБИРОВАНИЯ ПЛАМЕНИ

Халиков Ринат Валерьевич (vokilah@rambler.ru),
Таныгина Анна Алексеевна (ana.tanygina@mail.ru)

В статье обоснована необходимость применения визуально-параметрических способов оценки огнетушащей способности. Теоретически описан и экспериментально подтвержден способ идентификации ингибирующей способности огнетушащих составов на основе анализа фото и видеоматериалов.

Ключевые слова: ингибирование, пожаротушение, пламя, визуально-параметрический метод.

IDENTIFICATION OF GAS-PHASE FLAME INHIBITION

Khalikov Rinat Valeryevich (vokilah@rambler.ru),
Tanygina Anna Alekseyevna (ana.tanygina@mail.ru)

The article substantiates the need for the use of visual-parametric methods for assessing the fire extinguishing capacity. A method for identifying the inhibitory ability of fire extinguishing agents based on the analysis of photo and video materials is theoretically described and experimentally confirmed.

Keywords: inhibition, fire extinguishing, flame, visual-parametric method.

Получение данных высокой точности по итогам проведения натурных экспериментальных исследований зачастую требует достаточно объемных финансовых и временных вложений. Например, для экспериментального исследования может быть необходимо использование модельных очагов класса 20А [1], средняя цена материалов для данного очага, без учета затрат на сборку, в Российской Федерации на 2021 год составляет 135 тыс. руб. [2]. Таким образом, даже при условии проведения минимального количества экспериментов необходимы затраты более 400 тыс. руб. Поэтому актуальной проблемой является получение максимальной информативности из минимального количества экспериментов. В рамках данного исследования предложен способ определения наличия ингибирующего эффекта у огнетушащих составов с использованием визуально-параметрического метода [6].

В качестве объекта исследования выбраны видеоматериалы экспериментального исследования тушения модельных очагов класса 144В температурно-активированной водой (далее – ТАВ) [3] с дозированием в нее водорастворимой ингибирующей соли с массовыми концентрациями 3,5 % и 5 % [4]. В качестве ингибирующей соли был использован гексацианоферрата калия(II). Для каждой концентрации было проведено по три экспериментальных исследования. Интересен тот факт, что создание раствора ТАВ 3,5% концентрации, установленной в работе [5] не привело к существенному изменению времени тушения по сравнению с тушением струями ТАВ без ингибирующих добавок. Повышение огнетушащей концентрации до 5 % незначительно снизило время тушения модельного очага. Таким образом, были выдвинуты следующие предположения:

- под воздействием среды ТАВ с ингибирующими составами происходят химические превращения, в результате чего теряется их ингибирующая способность;

- часть ингибирующей соли переходит в паровую фазу струи ТАВ и не достигает пламени, поэтому не наблюдается ингибирующего эффекта.

Оценка ингибирующей способности струй ТАВ в данном случае может быть произведена визуально-параметрическим методом газодинамических процессов [6]. Данный метод оценки визуальных экспериментальных данных основан на дифференцировании временного участка видеоматериала экспериментального исследования с последующим анализом найденного процесса изменения газодинамического процесса тушения. Положим, что процессы ингибирования пламенного горения происходят во всей области горения. Тогда можно утверждать, что атомы и радикалы – носители цепи (далее – НЦ) реализующие разветвленно-цепной процесс горения присутствуют во всем объеме пламенного горения, что противоречит тепловой и разветвленно-цепной теории горения. Таким образом, утверждение высказанное выше неверно, поэтому процессы ингибирования пламенного горения происходят в определенном объеме пламени. Тогда данная область пламенного горения будет характеризоваться пространственным сужением в течении всего времени процесса химического ингибирования, до момента пока количество появляющихся НЦ не станет меньше необходимого и достаточного количества для реализации разветвленно-цепного процесса горения.

Введем понятие критического объема пламенного горения, используя высказанные выше утверждения. Критический объем пламенного горения – это величина численно равная произведению геометрической высоты пламенного горения, в которой происходит химическое ингибирование на определённый интеграл толщины критического сечения. Если видимую область пламенного горения разделить перпендикулярно направлению его распространения на бесконечное количество сечений, обладающих единичной толщиной, то критическим будет сечение, обладающее минимальной площадью. При условии, что площадь соседних областей много больше, данное уточняющее условие необходимо для того чтобы исключить области пламенного горения, где происходит взаимодействие исходных веществ и область теплового взаимодействия. Таким образом, используя введенные определения можно оценить скорость ингибирования в пространственно-временном аспекте. Для этого рассмотрим кадровые фрагменты видеоматериала процесса тушения модельного очага 55В (рис. 1).



а б

Рис. 1 – Процесс тушения модельного очага 55В струями ТАВ с концентрацией ингибирующей соли: а – с концентрацией 3,5 %, б – с концентрацией 5 %

Анализ рисунка 1 визуально-параметрическим методом показал, что при тушении обычной водой и водным раствором ингибитора с концентрацией 3,5% отсутствует образование в пламенной зоне суживающейся части, однако повышение концентрации ингибирующего вещества в растворе до 5% приводит к образованию сужения в видимой пламенной области с последующим его разрывом в данной области. Таким образом, можно предположить, что процесс ингибирования раствором гексацианоферрата калия(II) запускается при концентрациях, превышающих экспериментально установленные в [5]. Для определения эффективных концентраций дозирования гексацианоферрата калия(II) в среду ТАВ необходимо проведение дополнительных исследований.

Исследование проводится при поддержке Фонда содействия инновациям по договору №15204ГУ/2020 от 05.06.2020.

Литература

1. ГОСТ 30247.0-94 51057-2001 Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. [Текст]. – введ. 25.10.2001. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 45 с.

2. Интернет-ресурс: экономический расчет средних показателей стоимости ресурсов – Режим доступа: https://businesscalculator.pro/app/ (дата обращения 01.02.2021)

3. Роенко В.В. Применение температурно-активированной воды для тушения пожаров турбинных масел на объектах теплоэнергетики. [Электронный ресурс] / В.В. Роенко, А.В. Пряничников, Е.Б. Бондарев // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 4 (62). – С. 84-93. - Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25846407 (дата обращения 01.02.2021)

4. Халиков Р.В. Ингибирование горения в замкнутых пространствах газокомпрессорных станций [Текст] / Р.В. Халиков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 4. – С. 27-34.

5. Коробейничев О.П. Исследование фосфорорганических, фторорганических, металлосодержащих соединений и твердотопливных газогенерирующих составов с добавками фосфорсодержащих соединений в качестве эффективных пламегасителей. / О.П. Коробейничев, А.Г. Шмаков, В.М. Шварцберг, С.А. Якимов, Д.А. Князьков, В.Ф. Комаров, Г.В. Сакович //Физика горения и взрыва. – 2006. – Т.42. – №6. – С.64-73.

6. Бородай С.П. Экспериментальные исследования структуры пламени и его воздействия на ограждающие судовые конструкции [Электронный ресурс] / С.П. Бородай, А.Н. Летин, С.В. Шедько // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2020. – №2 (392). - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-struktury-plameni-i-ego-vozdeystviya-na-ograzhdayuschie-sudovye-konstruktsii (дата обращения: 26.01.2021).

СНИЖЕНИЕ ОГНЕТУШАЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛАДОНА 227ЕА ПРИ ПОМОЩИ МАЛОЙ ДОБАВКИ ГЕПТАФТОРЙОДПРОПАНА

Копылов Павел Сергеевич (pskopylov@mail.ru),
Бегишев Ильдар Рафатович (begishevir@mail.ru)

Показаны последствия ратификации Российской Федерацией Кигалийской поправки к Монреальскому Протоколу для газового пожаротушения. Рассмотрен гептафторйодпропан в качестве ингибирующего вещества в углеводородном пламени. Кратко охарактеризован механизм деструкции C3F7H в пламени смеси метан-

кислород. На основании теоретического анализа сделано предположение о эффективности создания огнетушащей композиции гептафторпропан-гептафторйодпропан. Экспериментально подтверждено успешное тушение модельного очага горения созданной смесью.

Ключевые слова: парниковые газы, пожаротушение, огнетушащая эффективность, ингибирование.

REDUCING THE EXTINGUISHING CONCENTRATION OF HFC 227EA BY A SMALL ADDITION OF HEPTAFLUOROIODPROPANE

Kopylov Pavel Sergeyevich (pskopylov@mail.ru),
Begishev Ildar Rafatovich (begishevir@mail.ru)

The article shows the consequences of the Russian Federation's ratification of the Kigali Amendment to the Montreal Protocol for gas fire extinguishing. Heptafluoroiodpropane is considered as an inhibitory substance in a hydrocarbon flame. The mechanism of destruction of C3F7H in the flame of a methane-oxygen mixture is briefly described. Based on the theoretical analysis, an assumption is made about the effectiveness of creating a fire-extinguishing composition heptafluoropropane-heptafluoroiodpropane. The successful extinguishing of the model combustion source by the created mixture was experimentally confirmed.

Keywords: greenhouse gases, extinguishing, fire extinguishing efficiency, inhibition.

После подписания Монреальского Протокола о веществах, разрушающих озоновый слой Земли в 1987 году [1], начался вывод из обращения озоноразрушающих веществ (ОРВ) во многих странах мира. ОРВ были заменены прежде всего на фторированные углеводороды (ГФУ) и гидрохлоруглероды (ГХФУ), в частности, активно применяемые в газовом пожаротушении в настоящее время. Введение новых веществ, улучшив ситуацию с озоновым слоем Земли, привело к усугублению такой экологической проблемы, как глобальное потепление, так как ГФУ, обладая большим временем жизни в атмосфере, являются парниковыми газами.

В октябре 2016 года была подписана Кигалийская поправка к Монреальскому Протоколу [2], ограничивающая производство фторированных углеводородов. С 1 января 2021 года Российская Федерация ратифицировала эту поправку [3]. Как следствие, к 2036 году российское производство ГФУ для целей пожаротушения сократится на 85 %, что представляет серьёзную проблему, ввиду отсутствия отечественных

технологий производства газовых огнетушащих веществ (ГОТВ), обладающих низким значением потенциала глобального потепления.

Согласно Постановлению Правительства РФ [3], под сокращение объемов производства попадает и хладон 227еа (C_3F_7H), применяемый в качестве огнетушащего вещества. Один из способов уменьшения эмиссии гептафторпропана в атмосферу – создание высокоэффективной смеси на его основе. Данное решение позволит сократит объём применения C_3F_7H в том случае, если смесевая композиция будет иметь меньшую минимальную огнетушащую концентрацию чем исходный хладон, а добавка – обладать коротким временем жизни в атмосфере.

Рассмотрим в качестве такой добавки к гептафторпропану гептафторйодпропан, сам по себе являющийся высокоэффективным газовым огнетушащим веществом, обладающим коротким временем жизни в атмосфере. Для этого вещества кинетические параметры его реакции с атомарным водородом

$$H + C_3F_7I \rightarrow C_3F_7 + HI \qquad (1)$$

составляют: предэкспоненциальный множитель в выражении для константы скорости реакции $A_1=6{,}71\cdot10^{-11}$ молек./(см^3·с), $n_1=0$, энергия активации $E_{a1}=3{,}8$ кДж/моль [4], что позволяют этому процессу эффективно конкурировать с основной стадией разветвления реакционных цепей, являющейся лимитирующим процессом при газофазном горении многих веществ, в том числе углеводородов [5]:

$$H + O_2 \rightarrow OH + O. \qquad (2)$$

Действительно, значение предэкспоненциального множителя в выражении для константы скорости реакции (2), согласно [6], равно $A_2=3{,}3\cdot10^{-10}$ молек./(см^3·с), $n_2=0$, а энергия активации составляет $E_{a2}=70{,}34$ кДж/моль. Тогда соотношение скоростей реакций (1) и (2) составляет при температуре 1000 К $w_1/w_2=572{,}9[C_3F_7I]/[O_2]$, откуда получаем, что, например, при $[C_3F_7I]$ = 1 % об. $w_1/w_2=27{,}6$, то есть реакция (1) более чем в 22 раза быстрее реакции (2), что безусловно приведет к ингибированию процесса горения, лимитирующей стадией которого является реакция (2).

Образующийся в реакции (1) HI сам является эффективным ингибитором горения, даже более эффективным, чем C_3F_7I, так как его реакция с атомарным водородом

$$H + HI \rightarrow H_2 + I \qquad (3)$$

вследствие своих кинетических параметров ($A_3=7{,}87\cdot10^{-11}$ молек./(см^3·с), $n_3=0$, $E_{a3}=2{,}74$ кДж/моль [7]) протекает быстрее, чем реакция (1). Кроме того, йодоводород способен регенерировать в пламени, что еще больше усиливает ингибирующий эффект:

$$I + I + M \rightarrow I_2 + M \qquad (4)$$

(M – любая третья частица; $A_4=6{,}51\cdot10^{-34}$ молек.^{2}/(см^6·с), $n_4=0$, $E_{a4}=-6{,}27$ кДж/моль [7]),

$$H + I_2 \rightarrow HI + I, \quad (5)$$

$A_5=7{,}16\cdot10^{-10}$ молек./(см^3·с), $n_5=0$, $E_{a5}=1{,}8$ кДж/моль [7]. Таким образом, гептафторйодпропан является высокоэффективным ингибитором процессов горения, в частности, процессов горения углеводородов в кислороде.

Из проведенных расчетов механизма деструкции C_3F_7H в пламени смеси метан-кислород [8] следует, что начальная стадия превращения C_3F_7H в богатой и стехиометрической смесях – его взаимодействие с атомарным водородом, является актом ингибирования реакции горения метана в кислороде.

В бедной смеси превалирующие окислительные процессы взаимодействия C_3F_7H с O и OH, не внося вклад в ингибирование, обеспечивают дополнительное тепловыделение.

Определяющую роль в деструкции гептафторпропана играют реакции распада промежуточных веществ (C_3F_7, C_2F_5, C_2F_4), большое тепловыделение которых обусловливает экспериментально наблюдаемые особенности самостоятельного горения гептафторпропана в кислороде при атмосферном давлении.

Таким образом, если добавка C_3F_7I способна эффективно подавлять начальную стадию превращения C_3F_7H в пламени, тем самым удастся значительно уменьшить большое тепловыделение последующих реакций распада C_3F_7, C_2F_5, C_2F_4, замедлив появление этих промежуточных веществ. Соответственно, можно ожидать, что огнетушащая концентрация C_3F_7H в присутствии C_3F_7I окажется значительно меньше, чем при использовании гептафторпропана в качестве индивидуального ГОТВ.

Проведем сравнение скорости реакций C_3F_7I с атомарным водородом (реакция 1) с скоростью аналогичной реакции C_3F_7H

$$C_3F_7H + H \rightarrow C_3F_7 + H_2 \quad (6)$$

При температуре T=1000 К и концентрации C_3F_7I, в 10 раз меньшей, чем концентрация C_3F_7H, получаем, что $w_1/w_6=10{,}6$, то есть реакция (1) протекает более чем в 10 раз быстрее.

Реакции C_3F_7I с атомарным кислородом и гидроксильным радикалом также эффективно конкурируют с аналогичными реакциями гептафторпропана.

Таким образом, можно ожидать, что гептафторйодпропан, при использовании его даже в небольшой концентрации в качестве компонента огнетушащей смеси с гептафторпропаном, с одной стороны, являясь сильным ингибитором, способен существенно снизить тепловыделение процесса горения, на который воздействует смесевое ГОТВ, а с другой

стороны, значительно уменьшить тепловыделение при превращении C_3F_7H в пламени.

На установке «Цилиндр» были выполнены исследования влияния добавки C_3F_7I на значение минимальной огнетушащей концентрации C_3F_7H при тушении n-гептана, результаты которых показаны на рис. 1. Экспериментальная установка «Цилиндр», предназначена для определения огнетушащих концентраций ГОТВ [9]. Основным элементом является горизонтально расположенный сосуд со смотровым окном, в котором задается смесь огнетушащего газа с воздухом. Определяется время тушения модельного очага класса В (горючее вещество – n-гептан), который вносится внутрь цилиндрического сосуда через специальное отверстие.

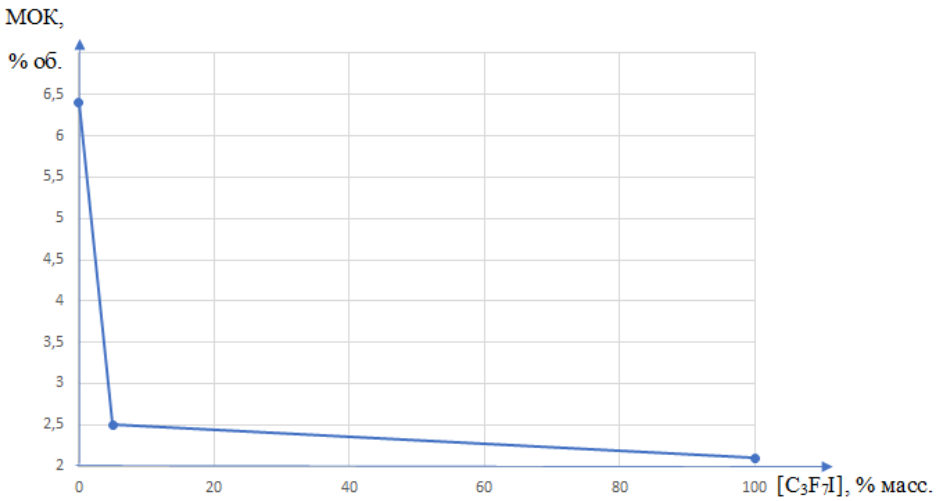


Рис. 1 - Влияние добавки C_3F_7I на МОК гептафторпропана по отношению к горению n-гептана

Из полученных данных следует, что при добавлении к гептафторпропану всего 5 % масс. минимальная огнетушащая концентрация снижается от значения 6,4 % об. до величины 2,5 % об., то есть более чем в 2,5 раза.

Таким образом, показана эффективность применения создания огнетушащей смеси гептафторпропана и гептафторйодпропана, для которой при содержании всего 5 % масс. C_3F_7I при тушении n-гептана потребуется в 2,86 раза меньше гептафторпропана, чем в случае его использования в качестве индивидуального ГОТВ, что поможет существенно сократить выбросы хладона 227ea, обладающего парниковым эффектом, в атмосферу. Создание смеси с большим содержанием йодированной компоненты нецелесообразно, так как в этом случае йодсодержащее вещество в условиях применения превысит порог токсического воздействия NOAEL.

Литература

1. Монреальский Протокол о веществах, разрушающих озоновый слой Земли - http://ozone.unep.org/montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/32506 (посещение сайта 02.03.2021).
2. The Kigali Amendment (2016): The amendment to the Montreal Protocol agreed by the Twenty-Eighth Meeting of the Parties (Kigali, 10-15 October 2016) http://ozone.unep.org/montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/81853/2197 (посещение сайта 02.03.2021).
3. Постановление Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 333 "О принятии Российской Федерацией поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой" https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73706908/ (посещение сайта 02.03.2021).
4. Yuan, J.; Wells, L.; Marshall, P. Kinetic studies of the reaction of atomic hydrogen with trifluoroiodomethane - Chemical Physics Letters, 1998, v. 297, pp. 553 – 557.
5. Peters N., Rogg B. Reduced Kinetic Mechanisms for Applications in Combustion Systems. Berlin: Springer, 1993, 353 p.
6. Baulch D.L., Cobos C.J., Cox, R.A., et al. Evaluated kinetic data for combustion modelling – Journal of Physical Chemistry Reference Data, 1992, v. 21, pp. 421 – 429.
7. Baulch, D.L.; Duxbury, J.; Grant, S.J.; Montague, D.C. Evaluated kinetic data for high temperature reactions. Volume 4 Homogeneous gas phase reactions of halogen- and cyanide- containing species - Journal of Physical Chemistry Reference Data, 1981, v. 10.
8. Копылов П.С. Газовые огнетушащие составы нового поколения с коротким временем жизни в атмосфере (магистерская диссертация) – М.: АГПС, 2020, 109 с.
9. Методика определения минимальной огнетушащей концентрации газовых огнетушащих веществ, находящихся при нормальных условиях в жидкой фазе («Метод цилиндра»). – М.: ВНИИПО, 2019, 4 с.

ПОЖАРНАЯ СТВОЛЬНАЯ ТЕХНИКА С ОССЦИЛИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Меженов Владимир Алексеевич (mezhenov2016@mail.ru),
Ольховский Иван Александрович (250615m@mail.ru)

В статье рассматриваются исторические аспекты формирования требований к ствольной пожарной технике и состояние данного вида противопожарной защиты на сегодняшний день. Рассмотрена современная пожарная ствольная техника с осциллирующими устройствами, технические характеристики и показатели гидравлической турбины осциллирующего устройства закрытого типа и предложены пути для расчета её технических показателей.

Ключевые слова: ствольная пожарная техника, осциллирующее устройство, гидравлическая турбина.

FIRE NOZZLE EQUIPMENT WITH OSCILLATING DEVICE

Mezhenov Vladimir Alekseyevich (mezhenov2016@mail.ru),
Olkhovsky Ivan Aleksandrovich (250615m@mail.ru)

The article deals with the historical aspects of the formation of requirements for fire-fighting equipment and the current state of this type of fire protection. Modern fire-fighting equipment with oscillating devices, technical characteristics and indicators of a hydraulic turbine of an oscillating device of a closed type are considered, and ways for calculating its technical indicators are proposed.

Keywords: fire nozzle equipment, oscillating device, hydraulic turbine.

Исследования пожарной ствольной техники показывают, что у данного вида противопожарной защиты имеется высокий потенциал для развития. Ещё в начале XX века Н.П. Требезов озвучил первые тактико-технические характеристики ствольной пожарной техники: «Пожарная струя бьёт огонь на треть её длины» [1], то есть тем самым, можно предположить, что Н.П. Требезов высказывался о понятии «глубина тушения», а следовательно пожарные стволы имели такую характеристику, как дальность подачи огнетушащих веществ, равную 15 метров. После, уже в первой половине XX века большой вклад в изучение и создание новых образцов ствольной пожарной техники вложил Тарасов-Агалаков [2]. Тарасов-Агалаков создал четкую градацию стольной пожарной техники, на ручные пожарные стволы и лафетные, формирующие распыленную струю с помощью специальных насадков и сплошные струю ОТВ, обосновал баллистику струи. Во второй половине XX века работы по изучению огнетушащей способности ствольной пожарной техники Д. Тедеуша и И.Н. Ульянова [3,4] положили основу для разработки Ю.И. Горбанем [5,6], на основе пожарных лафетных стволов, дистанционно-управляемых и роботизированных установок пожаротушения. Научно-практический задел позволил сформировать два нормативные документы [7,8,9], регламентирующих испытание и работу пожарных стволов, и следовательно их градацию по способу управления, виду струи ОТВ, углу факела распыленной струи. Учитывая всё вышесказанное, можно сделать вывод о том, что ствольная пожарная техника эволюционировала от примитивных медных конусов, до механизированных и роботизированных стволов с универсальными насадками, предназначенными для формирования разных углов факела распыленной струи и дисперсности капель ОТВ.

На сегодняшний день в области ствольной пожарной техники сформировалась новое направление развития, это осциллирующие пожарные лафетные стволы (рисунок 2).

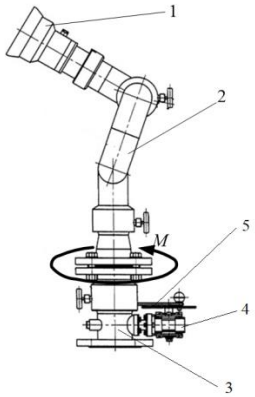


Рис. 2 – Чертеж лафетного ствола с установленным закрытым осциллирующим устройством
1 – универсальный насадок; 2 – трубопровод пожарного ствола; 3 – корпус с установленной турбиной и червячной передачей для редуктора; 4 – редуктор; 5 – рычаги.

Оссцилирование – это схема работы ствольной пожарной техники при которой производится непрерывная, цикличная подача ОТВ по заданной амплитуде колебаний оси пожарного ствола в одной или нескольких плоскостях. Амплитуда колебаний пожарного ствола задается за счет применения осциллирующего устройства, которое работает благодаря кинематики рычагов, на которые приходит крутящий момент по трансмиссии от вала турбины. Турбина в свою очередь работает от кинетической энергии потока ОТВ в подводящем трубопроводе.

Одним из самых главных преимуществ применения осциллирующего устройства является то, что при его работе дополнительного контроля со стороны обслуживающего персонала (операторов) за движения устройств подачи огнетушащих веществ не требуется. На сегодняшний осциллирующие устройства можно разделить на два вида: открытые и закрытые (рисунок 3).



а) б)

Рис. 3 – Осциллирующие устройства
а – закрытый; б – открытый

Осциллирующее устройство закрытого типа работает за счет энергии потока огнетушащего вещества, проходящей через его корпус, без дополнительного расхода ОТВ на приведениие в действие турбины самого осциллирующего устройства (рисунок 3а).

В свою очередь осциллирующее устройство открытого типа (рисунок 3б) работает с отбором ОТВ из общего потока и последующего его удаления за корпус осциллятора. Вода из подводящего трубопровода через сопло поступает на лопасти турбины, выполненной в виде диска с ковшеобразными лопастями, закрепленными на валу, и вращается при атмосферном давлении. На ковшах происходит преобразование кинетической энергии, заключенной в струе, в механическую. Ковши равномерно распределены на турбине и последовательно один за другим при его вращении принимают энергию струи ОТВ.

Учитывая, что в Российской Федерации 80 % территории находится в холодной климатической зоне с низкими температурами в зимний период, то целесообразней применять ствольную пожарную технику с осциллирующими устройствами закрытого типа (рисунок 3а). Для работы осциллирующего устройства, необходимо на лопастях турбины создавать необходимые напорно-расходные характеристики для обеспечения требуемой мощности и крутящего момента на валу самой турбины. Однако существует проблема, что на сегодняшний день не существует метода по расчету таких показателей как крутящий момент и мощность на валу турбины осциллирующего устройства, для обеспечения необходимой амплитуды движения с учетом воздействия силы обратной реакции струи пожарного ствола на мощность и крутящий момент поворотного механизма осциллирующего устройства.

Для отбора максимальной энергии потока ОТВ, у гидравлической осевой турбины оптимальный угол наклона лопастей должны быть 45-60º относительно горизонтальной плоскости [10]. Также основным геометрическим показателем турбины является её диаметр. При этом мощность турбины осевой турбины будет определятся по формуле [10]:

$$N = 9{,}81 \cdot \eta \cdot Q \cdot D^2 \cdot H \cdot \sqrt{H} \qquad (1)$$

где:

η – коэффициент полезного действия турбины, (0,9)

Q – расход ОТВ, проходящий через турбину, м^3/с

D – диаметр турбины, м

H – напор перед турбиной, м.в.ст.

Далее по алгоритму расчета гидравлических машин возможно найти частоту вращения вала турбины по формуле:

$$n = n_I \cdot \frac{\sqrt{H}}{D} \quad (2)$$

где:

n_I – КПД модели турбины по графику главной универсальной характеристики.

И следовательно крутящий момент на валу турбины будет равен:

$$\text{M} = \frac{9550 \cdot n}{N} \quad (3)$$

Для определения частоты оборотов вала турбины и вследствие крутящего момента на валу турбины требуется определение КПД модели турбины по графику главной универсальной характеристики (n_I), данный показатель возможно вывести только эпирическим путем, при проведении множества испытаний с разными по форме лопастями, углами их поворота и т.п. Следствии проведения натурных испытаний и выведения зависимостей в дальнейшем возможно построение графика главной универсальной характеристики (n_I), использование которого позволит внедрение в производство осциллирующих устройств без эмпирического метода подбора геометрических параметров турбины осциллятора. Также данные исследования позволят сформировать нормативные требования для данного вида активной противопожарной защиты, так как на сегодняшний день нормативное регулирование для пожарной ствольной техники с осциллирующими устройствами отсутствует.

Литература

1. Требезов Н.П. Пожарная тактика. С.-Пб., 1913. 336 с.

2. Тарасов-Агалаков Н.А. Практическая гидравлика в пожарном деле – М.: Издательство МКХ РСФСР, 1959. – 264 с.

3. Дерецки Тадеуш. Исследование влияния геометрических параметров пожарных стволов на характеристики водопенных струй. [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 05.26.01 / Дерецки Тадеуш. – М., 1980. – 193 с.

4. В.В. Теребнев, Н.И. Ульянов, В.А. Грачев. Пожарная техника. Книга 1. Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение – М., 2007. – 328 с.

5. Горбань Ю.И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране – М.: Пожнаука, 213. – 352 с.

6. Автоматическая установка пожаротушения с осциллирующими лафетными стволами, Горбань Ю.И., Патент на изобретение RU 2661325 C1, 13.07.2018. Заявка № 2017126341 от 21.07.2017.

7. ГОСТ Р 53331-2009 «Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний».

8. ГОСТ Р 51115-97 «Техника пожарная. Стволы пожарные лафетные комбинированные. Общие технические требования. Методы испытаний».

9. СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

10. Юфин А.П.. Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод [Текст] - Москва: Высш. школа, 1965. - 427 с.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЫМООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

Мустафин Валихан Мухтарович (GeneralPK@bk.ru),
Пузач Сергей Викторович (PuzachSV@mail.ru)

Проведен анализ методов определения дымообразующей способности веществ и материалов. Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на результат огневых испытаний.

Ключевые слова: дымообразующая способность, методы определения, форма и масса образца.

METHODS FOR DETERMINING SMOKE-FORMING ABILITY OF SUBSTANCES AND MATERIALS. MEASUREMENT FEATURES

Mustafin Valikhan Mukhtarovich (GeneralPK@bk.ru),
Puzach Sergey Viktorovich (PuzachSV@mail.ru)

Methods for determining the smoke-forming ability of substances and materials are analyzed. The factors influencing the result of fire tests are considered.

Keywords: smoke-forming ability, methods of determining, shape and mass of the sample.

Образование и распространение продуктов горения (дыма) на пожаре естественный процесс, сопровождающий терморазложение пожарной нагрузки. Особую опасность для человека, находившегося в здании, помещении, где начался пожар, оказывают токсичные газы, сажа и пыль при вдыхании которых человек может навредить своему здоровью или умереть. Однако степень тяжести последствий для организма человека зависит от количества времени, которое человек провел в опасной зоне без средств защиты. В свою очередь на время нахождения человека в опасной зоне влияет три основных фактора: группа мобильности к которой принадлежит человек, знание объекта, пути эвакуации и снижение видимости в дыму. Снижение видимости в дыму относиться к одному из опасных факторов на пожаре. В ряде работ [5-6, 11-12] упоминают снижение видимости до критических значений как фактор наступающий в первую очередь опережаю другие опасные факторы пожара.

В настоящее время как в отечественной, так и в зарубежной практике дымообразование веществ и материалов характеризуется в большей

степени оптической плотностью дыма [4]. Дымообразующая способность материалов может определяться при помощи ряда специализированных, стандартизированных методов, различающихся как конструкцией испытательного оборудования, условиями в камере сгорания образца, так и регистрируемыми параметрами. Зарубежном как правило существует два способа измерения оптической плотности дыма. Первый способ – измерения в условно замкнутом объеме, второй – измерение проводиться на участке, через который удаляется дым наружу. Основными зарубежными методами определения дымообразующей способности являются: ASTM E662-09, ASTM D2843-10, ISO 9705-1:2016. Каждый метод описывает свое измерительное оборудование, представленное на рисунке 1.

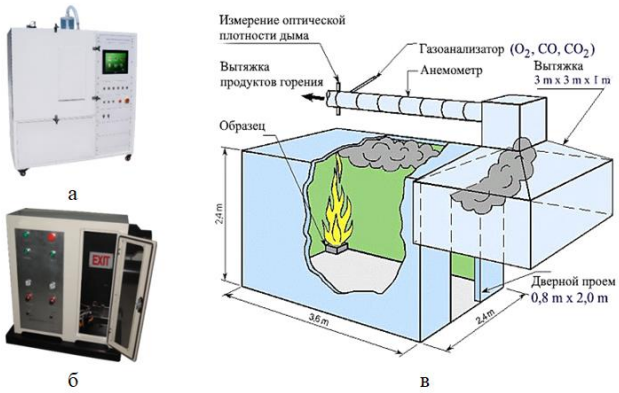


Рис. 1 - Зарубежные установки, позволяющие определить дымообразующию способность конденсированных веществ и материалов: а) «Smoke Box NBS» камера для испытания плотности дыма [1]; б) Дымовая камера [2]; в) Схема огневой комнаты [3]

Помимо этого, существуют отличия в расположении образцов, методах теплового воздействия, объемах экспозиционных камер и т.п. В отечественной практике основным оборудование для определения дымообразующей способности материалов является установка для определения коэффициента дымообразования [7], представленная на рисунке 2.



Рис. 2 - Установка для определения коэффициента дымообразования

Данная установка в отличие от представленных зарубежных направлена исключительно на определение оптической плотности дыма внутри экспозиционной камеры. Однако в отечественной практике в области научных исследований была разработана новая экспериментальная установка по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов представленная на рисунке 3, имеющая ряд преимуществ.

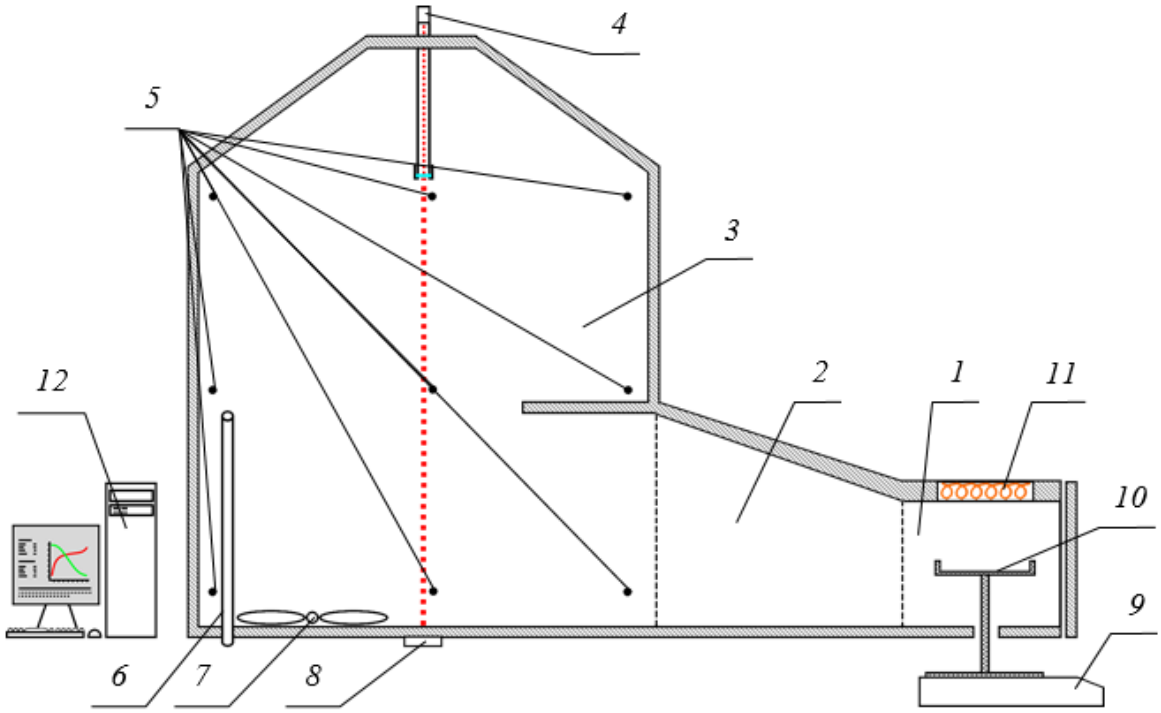


Рис. 3 - Схема установки по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов [10]: 1 – камера сгорания; 2 – переходной рукав; 3 – экспозиционная камера; 4 – лазерный модуль; 5 – термопары; 6 – зонд отбора газа; 7 – вентилятор; 8 – фоточувствительный элемент; 9 – электронные весы; 10 – держатель образца; 11 – электронагревательный излучатель; 12 – регистрирующая аппаратура

В ходе проведения огневых испытаний на отечественных установках было обнаружено что данные установки имеющие относительно равные объемы, способы теплового воздействия и фотометрическое оборудование, дают различный результат [9]. Результаты таких огневых испытаний представлены на рисунках 4, 5.

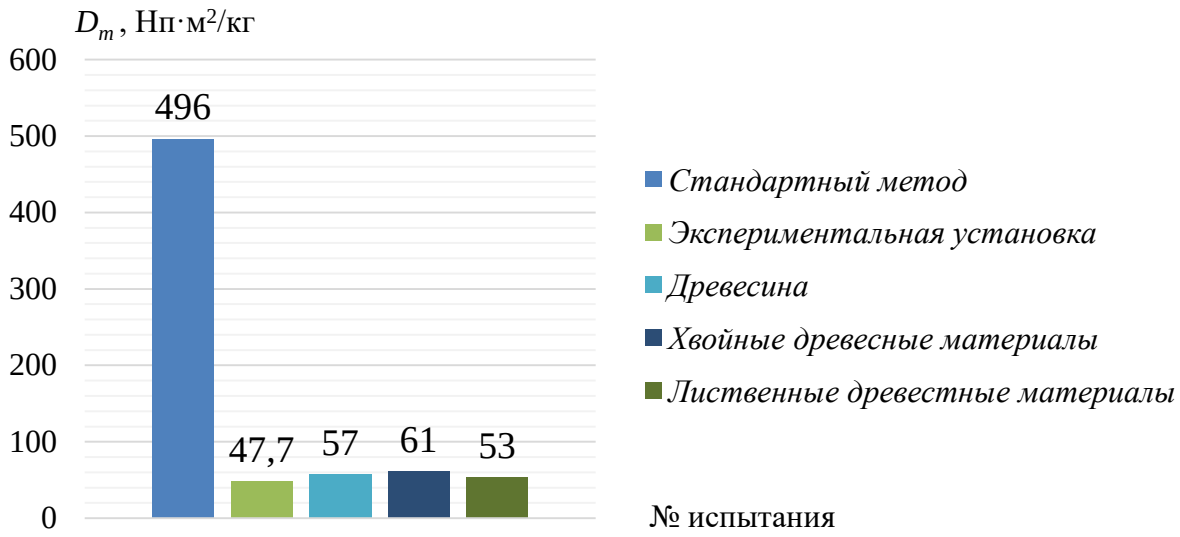


Рис. 4 - Гистограмма значений дымообразующей способности древесины хвойных пород на установках [7, 10] и значений, приведенных в базе данных типовой пожарной нагрузке [8]

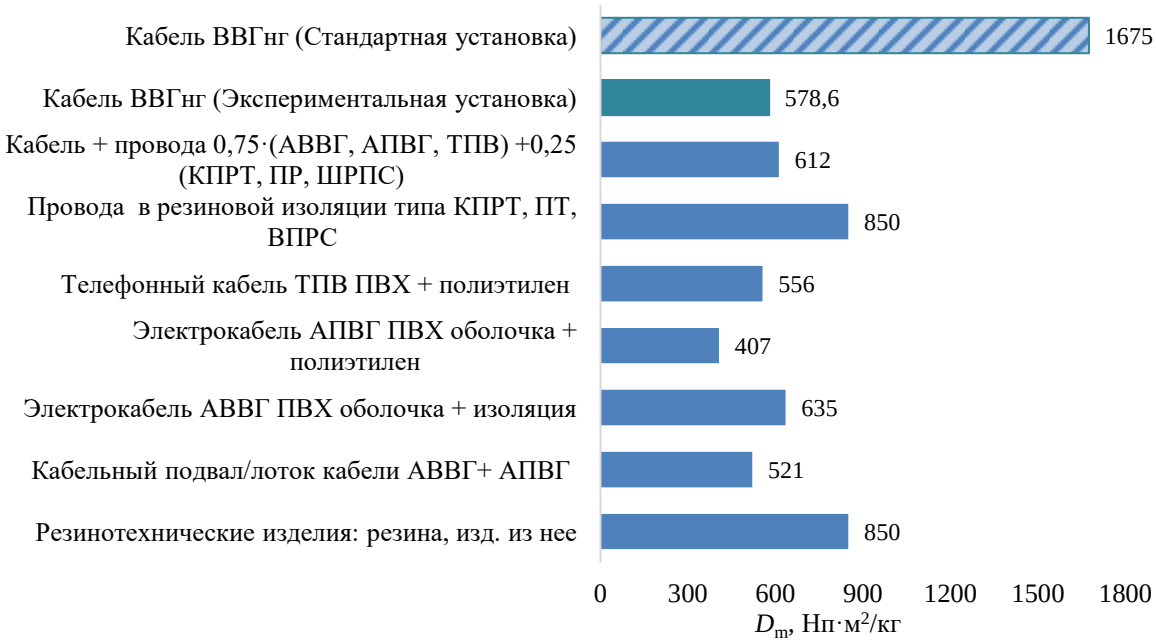


Рис. 5 - Гистограмма значений дымообразующей способности кабеля ВВГнг на установках [7, 10] и значений, приведенных в базе данных типовой пожарной нагрузке [8]

Причиной таких различий в результатах огневых испытаний могут быть конструктивные отличия, описанных выше установок. В первую очередь в камере сгорания, так как именно в данной части установки происходит термическое разложения материала и имеется наибольшее количество конструктивных отличий. Так, например, основными

отличиями являются: 1. положение образца во время огневых испытаний; 2. возможность регулировки расстояния до электронагревателя (есть только в экспериментальной установке); 3. наличие и отсутствие теплоизоляции; 4. объем камеры сгорания.

Отечественные установки по определения дымообразующей способности в отличии от зарубежных аналогов исследуют оптическую плотность дыма только в условиях замкнутого объема, и в качестве образцов для испытаний используется небольшое количество материала.

Результаты огневых испытаний на установке для определения коэффициента дымообразования на порядок отличаются от значений, полученных на установке по определению пожарной опасности конденсированных веществ и материалов для одного и того же исследуемого материала. Однако значения, полученные на экспериментальной установке, соизмеримы с данными, которые используются сегодня для моделирования пожара.

Необходимо дальнейшее изучение факторов, влияющих на дымообразующую способность веществ и материалов при проведении огневых испытаний, что позволит повысить точность измерения данного параметра.

Литература

1. ASTM E662-19. Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials. – Launched 2019-09-01. – ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2019. – 26 p. DOI: 10.1520 / E0662-19.

2. ASTM D2843-19. Standard Test Method for Density of Smoke from the Burning or Decomposition of Plastics. – Launched 2019-01-10. – ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2019. – 9 p. DOI: 10.1520 / D2843-19.

3. ISO 9705-1-2016 Reaction to fire tests - Room corner test for wall and ceiling lining products - Part 1: Test method for a small room configuration. – Launched 2016-02-18. – ISO International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2016. – 50 p.

4. Барботько С.Л. Особенности испытаний авиационных материалов на пожароопасность. Часть 3. Испытания на дымообразование. Влияние толщины монолитного образца полимерного композиционного материала / С.Л. Барботько, [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – №4. – С. 7-22.

5. Боландина Е.С. Влияние опасных факторов пожара на организм человека / Е.С. Боландина // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 2. – С. 36-36;

6. Ворогушин О.О., Анализ влияния различных факторов на динамику развития ОФП в атриуме / О.О. Ворогушин, А.Я. Корольченко // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – №9. – С. 23-30.

7. ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 1991-01-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 100 с.

8. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие / Ю.А. Кошмаров – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

9. Мустафин В.М. Влияние начальной освещенности и дымообразующей способности на расчетное время блокирования путей эвакуации по потере видимости / В.М. Мустафин, С.В. Пузач // Безопасность жизнедеятельности. – 2020. – №2, – С. 17-22.

10. Патент РФ на полезную модель № 174688. Установка для определения пожарной опасности конденсированных материалов при их термическом разложении / Е.В. Сулейкин, Р.Г. Акперов, С.В. Пузач; заявка 20.04.2017; регистрация 26.10.2017; Бюллетень № 30–2017.

11. Полынько С.В. Безопасность добровольной пожарной дружины при ликвидации чрезвычайной ситуации в начальной стадии развития / С.В. Полынько, Д.Ф. Кожевин, А.А. Бондарь // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2017. – №4. – С. 1-7.

12. Пузач С.В. Временной механизм воздействия опасных факторов пожара на персонал АЭС и комплексная защита от них / С.В. Пузач [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – №8. – С. 15-26. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.15-24.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ВЬЕТНАМА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Нгуен Тай Тхе (thetai.t34.36@gmail.com),
Денисов Алексей Николаевич (dan_aleks@mail.ru)

Проведена формализация управления пожарной безопасностью Вьетнама в виде административно-организационной схемы, с целью дальнейшего решения задачи рационального управления ресурсами пожарных и аварийных служб Вьетнама, на основе значений её параметров. Констатируется факт возникшего дисбаланса ресурсов пожарных и аварийных служб: в стране имеется не более 40 % необходимого количества пожарных частей, в 20 городах, 18 уездах, 314 промышленных центрах и 495 основных районах, в том числе и районах, где находятся промышленные центры, пожарные части отсутствуют.

Ключевые слова: Вьетнам, организация, пожарное подразделение, ресурсы, структура, схема, управление.

VIETNAM'S FIRE SAFETY MANAGEMENT SCHEME AT THE PRESENT STAGE

Nguyen Tay Tkhe (thetai.t34.36@gmail.com),
Denisov Aleksey Nikolayevich (dan_aleks@mail.ru)

The formalization of fire safety management in Vietnam in the form of an administrative and organizational scheme was carried out in order to further solve the problem of rational resource management of fire and emergency services in Vietnam, based on the values of its parameters. The fact of an imbalance in the resources of fire and emergency services is stated: the country has no more than 40% of the required number of fire brigades, in 20 cities, 18 counties, 314 industrial centers and 495 main areas, including areas where industrial centers, fire departments are located. Absent.

Keywords: Vietnam, organizaon, file department, resources, structure, diagram, managenment.

По статистике Главного управления пожарной охраны и аварийно-спасательных служб, в среднем ежегодно во Вьетнаме происходит более 2000 пожаров, в результате которых погибает около 100 человек, почти 200 человек получают ранения, причиняется ущерб (в среднем 44,24 млн. долларов в год). Поэтому Партия и Правительство Вьетнама в лице Министерства общественной безопасности, выражает заинтересованность в управлении организацией пожарной охраны и аварийно-спасательной службы на всех этапах её формирования.

Пожарная охрана и аварийно-спасательные службы являются составной частью Министерства общественной безопасности [1, 2]. На современном этапе в стране структурно принято пожарную охрану и аварийно-спасательные службы формировать по административному (провинциальный (города центрального подчинения и провинция), уездному (города провинциального подчинения и районы (уезды)) и территориальным признакам (Север, Юг, Центр) (рисунок 1). Во Вьетнаме 63 провинции, 160 районов (уездов) и городов страны имеют организационную структуру сил по предотвращению пожаров и борьбе с ними, как показано на рисунке 2.

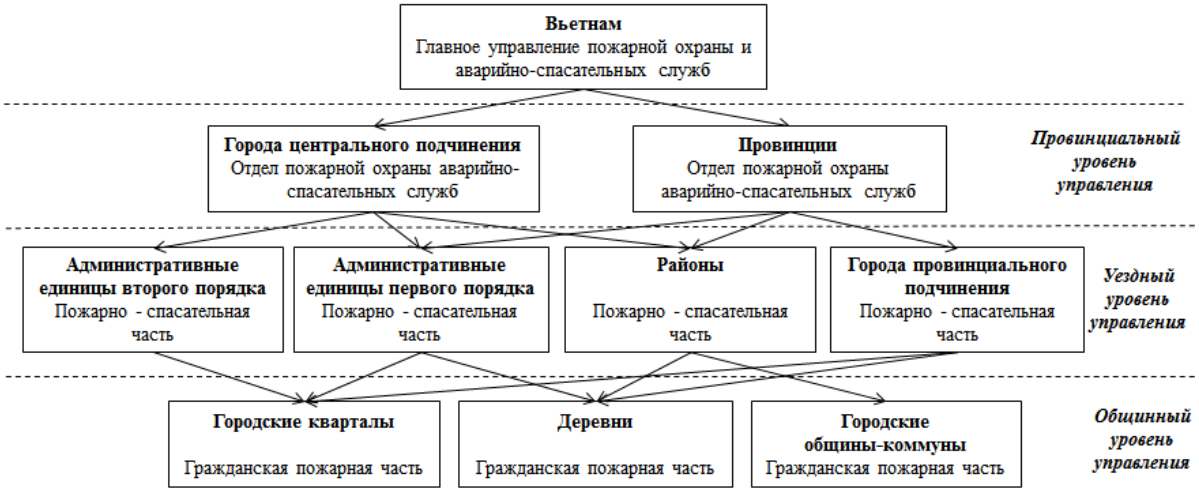


Рис. 1 - Административно-организационная схема управления пожарной безопасностью Вьетнама

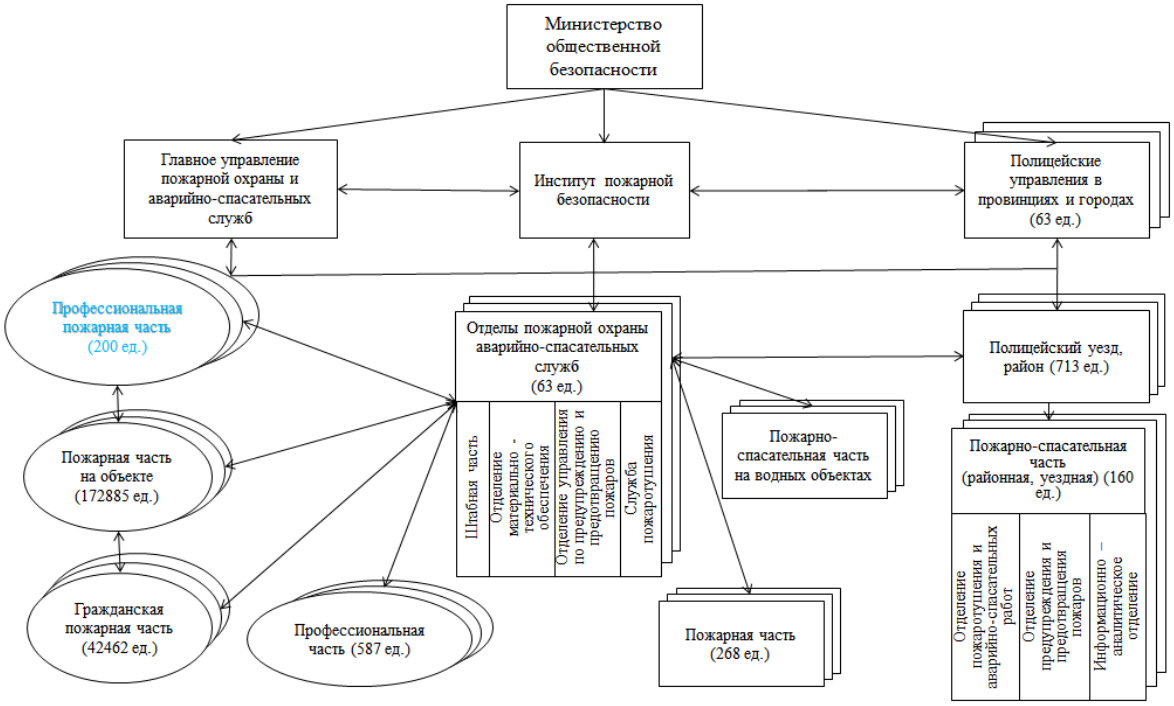


Рис. 2 - Организационная структура противопожарной и аварийно-спасательной службы Вьетнама (с 2018 г.)

Кроме отдела пожарной охраны аварийно-спасательных служб (в провинциях и городах) в округах и уездах функционируют также уездные пожарно-спасательные части непосредственно подчиняющиеся районной полиции, но функционально Отделу пожарной охраны аварийно-спасательных служб. Организационная и штатная структура, а так же оснащение уездной и районной пожарно-спасательных частей идентичная.

Отделения пожаротушения и аварийно-спасательных работ, предупреждения и предотвращения пожаров и информационно - аналитическое сформировали законченную структуру и появились в районах. До этих преобразований в уездной пожарно-спасательной части было только отделение предупреждений и предотвращений пожаров и в части отсутствовала пожарная техника.

Согласно отчета Правительства, по состоянию на 2018 год во Вьетнаме насчитывается 325 индустриальных парков общей площадью 94900 гектаров; 18 прибрежных и 21 пограничная экономическая зона; более 550 тысяч предприятий, около 21,2 тысячи кооперативов и 61 объединение кооперативов, около 4,65 миллиона индивидуальных хозяйств, более 262 тысяч учреждений обслуживается пожарной охраной [3].

До 2018 года во Вьетнаме было 713 населенных пунктов районного уровня (72 провинциальных города, 49 округов, 47 городов, 545 районов),

325 промышленных центров. В соответствии с Законом о профилактике и борьбы с пожарами в каждом из них должны были быть созданы подразделения пожарной охраны и аварийно-спасательных служб (рисунок 1.2.) [1]. Но этого не произошло в настоящее время в стране функционируют 713 уездных пожарно - спасательных частей (в поселениях провинциального подчинения), а в 11161 коммунально-административная Деревни (в том числе 1602 Городские кварталы, 608 Городские общины-коммуны и 8951 Деревни), гражданская пожарная часть (общинно-коммунального подчинения). В 325 действующих промышленных центрах имеются только 18 пожарных частей. В 8 обрабатывающих центрах и 325 промышленных центрах работают лишь 22 пожарных частей. Это значит, что в стране имеется лишь 33,8 % необходимого количества пожарных частей. Причём в 20 городах, 18 уездах, 314 промышленных центрах и 495 основных районах, в том числе и районах, где находятся промышленные центры, пожарные части отсутствуют.

Исходя из вышеизложенной реальности, задача государства и властей Вьетнама состоит в том, чтобы развивать ресурсы пожарных и аварийных служб Вьетнама для удовлетворения потребностей развития страны. Кроме того, применение научно-технических достижений в области предотвращения пожаров и борьбы с ними существующим проблемам в области противопожарной защиты и спасения.

Формализованная структура и значения её параметров на следующем этапе исследования должны лечь в основу решения задачи рационального управления ресурсами пожарных и аварийных служб Вьетнама.

Литература

1. Профилактика и борьба с пожарами: Закон Национального собрания Демократической Республики Вьетнам от 29 июня 2001 г. № 27/2001/QH10 [Электронный ресурс] // Библиотека законов - https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Luat-phong-chay-chua-chay-2001-47923.aspx (дата обращения 21.10.2020).

2. Нгуен Тхе Тай, Денисов А.Н. Модель управления пожаротушением на нефтехимическом заводе Вьетнама [Текст]. Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций: сб. материалов IV Международной заочной научно-практической конференции – Минск: УГЗ, 2020. – 271 с. Стр. 189-191.

3. Реализация политики и законов по предупреждению пожаров в период 2014-2018 гг .: Отчет Правительства от 23 мая 2019 г. No 233/BC-CP.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Федотов Илья Олегович (ilafedotov367@gmail.com),
Сивенков Андрей Борисович (sivenkov01@mail.ru)

Рассмотрены основные тенденции и перспективы применения деревянных конструкций в строительстве. Представлены основные проблемы в сфере огнезащиты материалов и конструкций на основе древесины. Показано, что формирование научно-обоснованных принципов и подходов разработки средств огнезащиты позволит осуществлять выбор эффективных механизмов огнезащитного действия с целью возможности регулирования степени пожароопасности материала на основе древесины, а также пожарной опасности и пределов огнестойкости деревянных конструкций.

Ключевые слова: огнестойкость, предел огнестойкости, пожарная опасность, огнезащитная эффективность, древесина, деревянные конструкции, механическая нагрузка, огнезащитные средства, антипирены.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF USING FLAME RETARDANTS FOR WOODEN STRUCTURES

Fedotov Ilya Olegovich (ilafedotov367@gmail.com),
Sivenkov Andrey Borisovich (sivenkov01@mail.ru)

The main trends and prospects of using wooden structures in construction are considered. The main problems in the field of fire protection of materials and structures based on wood are presented. It is shown that the formation of scientifically-based principles and approaches to the development of fire protection means will allow the selection of effective mechanisms of fire-retardant action in order to regulate the degree of fire hazard of wood-based materials, as well as fire hazard and fire resistance limits of wooden structures.

Keywords: fire resistance, fire resistance limit, fire hazard, flame retardant efficiency, wood, wooden structures, mechanical load, flame retardants, flame retardants.

Деревянные конструкции традиционно имеют широкое применение в строительной индустрии. Этому способствуют положительные качества уникального природного материала древесины, в том числе такие, как высокие прочностные показатели, гидролитическая устойчивость, декоративность, легкость механической обработки. Вместе с этим применение материалов и конструкций на основе древесины в сфере строительства долгие годы сдерживалось вследствие их высокой пожарной

опасности, а также к способности образования опасных факторов пожара в объеме здания или сооружения.

По мере развития строительной индустрии в прошлом веке появились новые технологии деревянного домостроения, связанные с применением инновационных материалов и конструкций на основе древесины, имеющие повышенные эксплуатационные характеристики. Данные конструкции могут служить достаточно продолжительное время в качестве ответственных несущих и ограждающих конструкций. Не случайно практика современного строительства в мире претерпевает в последние десятилетия революционные изменения с позиций масштабного и высотного строительства с применением деревянных конструкций. Такие тенденции активно получают развитие и в России при проектировании и строительстве зданий и сооружений различного функционального назначения с применением конструкций из древесины [1].

Вместе с этим необходимо констатировать тот факт, что развитие сферы применения материалов и конструкций на основе древесины обусловлено успехами в сфере обеспечения пожарной безопасности и, в частности, разработки и применения различных способов и видов огнезащиты. Большой опыт по данному вопросу был накоплен еще в советский период, что подтверждается наличием значительного количества разработок в сфере огнезащитных технологий [1, 2]. Однако, несмотря на это, нормативные требования в области пожарной безопасности зданий и сооружений требуют нового осмысления и подходов к разработке и применению средств огнезащиты для материалов и конструкций на основе древесины, а также методологии оценки эффективности различных способов и видов огнезащиты. Так, в соответствии со ст. 52 [3] Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия обеспечиваются одним или несколькими из следующих способов:

6) применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций.

Также в соответствии со ст. 58 [3] огнестойкость и класс пожарной опасности строительных конструкций должны обеспечиваться за счет их конструктивных решений, применения соответствующих строительных материалов, а также использования средств огнезащиты.

Анализ работ, посвященных оценке эффективности огнезащиты для материалов и конструкций на основе древесины, свидетельствует о том, что многими специалистами, разработчиками и производителями

огнезащитных средств преследуется важная цель не только установления конкретной группы эффективности по ГОСТ Р 53292-2009 [4] (ранее ГОСТ 16363-98), но также изучения влияния огнезащитных средств на пожарную опасность материалов из древесины, а также пожарную опасность и огнестойкость деревянных конструкций [5–10]. Исторически подобные работы получили свою наибольшую активность в 80-90 годы прошлого столетия. Полученные результаты позволяют установить, насколько эффективными могут быть различные способы и виды огнезащиты для снижения пожарной опасности материалов и конструкций на основе древесины, а также для повышения пределов огнестойкости деревянных конструкций.

На протяжении нескольких десятков лет вопрос снижения пожарной опасности и повышения огнестойкости деревянных конструкций периодически решался за счет применения конкретных видов и способов огнезащиты. Этому способствовали различные проектные решения в сфере деревянного домостроения. Длительный период времени исследования возможности применения огнезащитных технологий для защиты деревянных материалов и конструкций от воздействия пожара носили в целом прикладной характер. Отдельные результаты исследований не позволяли системно анализировать способность различных видов огнезащиты эффективно воздействовать на процессы, происходящие при воздействии пожара на деревянные конструкции. Во многом проведение расширенных исследований по разработке эффективных технологий огнезащиты для деревянных материалов и конструкций сдерживается действующей методикой по оценке эффективности огнезащитных средств для древесины.

Кроме этого, важной частью возможных расширенных исследований является разработка эффективных огнезащитных средств для деревянных конструкций с учетом влияния различных природных и эксплуатационных факторов, таких как, например, срок эксплуатации. Подобные исследования имеют крайне актуальный характер, поскольку разработка различных средств огнезащиты в настоящее время ведется применительно к образцам нативной древесины без какого-либо срока эксплуатации. Лишь ограниченное количество работ позволяет сформировать научное представление о возможности применения различных замедлителей горения (антипиренов) для древесины, подверженной длительному естественному старению [11, 12]. Актуальность данного направления обусловлена тем, что в настоящее время в мире эксплуатируется большое количество зданий и сооружений с деревянными конструкциями со сроком эксплуатации несколько десятков и даже сотен лет. Это ограждающие и несущие строительные конструкции

из древесины, элементы стропильной части и покрытия объекта, междуэтажные перекрытия. Только на примере столичного региона можно упомянуть десятки жилых, общественных и административных объектов, имеющих в своем составе деревянные конструкции, подвергающиеся длительному механическому воздействию многие десятки и даже сотни лет. Подавляющая часть из них составляют общественный и жилой фонд. Это такие объекты как: Политехнический музей, Екатерининский зал в Кремле, Зеленый театр на ВДНХ, Дом Сытина на Тверской, Измайловский Кремль, Институт химической физики РАН, Первая градская больница, Дом П.В. Кетчер, особняк Носова, жилой дом Э.А. фон Беренса, музей Паустовского Г.К. и многие другие. На протяжении всего срока эксплуатации зданий и сооружений в структуре материала деревянных конструкций в результате трансформации ее структуры и происходящих в ней химических превращений возникает изменение физико-химических, механических, прочностных и других свойств. В ходе чего происходит утрата несущей способности деревянных конструкций – основного параметра, определяющего их огнестойкость. Учитывая происходящие изменения в древесном материале с повышением срока его эксплуатации, разработка средств огнезащиты должна иметь научно-обоснованные подходы, позволяющие учитывать значительные физико-химические изменения, происходящие в процессе старения древесины.

Важнейшим процессом, определяющим огнестойкость деревянных конструкций, является обугливание, особенности которого зависят от многочисленных факторов. Возможность регулирования данным процессом является классической основой снижения не только горючести материалов на основе древесины, но и снижения пожарной опасности и повышения огнестойкости деревянных конструкций.

В этой связи, наиболее важным является не просто установление влияния различных способов и видов огнезащиты на конкретные показатели пожарной опасности и огнестойкости деревянных конструкций, а глубокое понимание возможности воздействия огнезащитных средств на сопутствующие процессы, характеризующие пожарную опасность и огнестойкость деревянных конструкций. Кроме этого, проведенный анализ работ в области огнезащиты древесины, свидетельствует о необходимости реализации новых подходов к оценке эффективности огнезащитных материалов с учетом возможности прогнозирования способности огнезащиты сдерживать процессы прогрева материала конструкции, оказывать влияние на процессы углеобразования (формирование угольного слоя с требуемыми параметрами и свойствами) и интенсивность потери несущей способности деревянной конструкции.

Формирование научно-обоснованных принципов и подходов разработки средств огнезащиты позволит осуществлять выбор эффективных механизмов огнезащитного действия с целью возможности регулирования степени пожароопасности материала на основе древесины, а также пожарной опасности и пределов огнестойкости деревянных конструкций.

Литература

1. Aseeva R.M., Serkov B.B., Sivenkov A.B. Fire Behavior and Fire Protection in Timber Buildings. Germany: Springer Series in Wood Science, Springer. – 2014.-280 p.
2. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства // М.: Академия ГПС МЧС России, 2010, 262 с.
3. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.
4. ГОСТ Р 53292-2009 Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний.
5. Харитонов, В. С. Горючесть клеедеревянных балок с огнезащитой / Харитонов В. С. // Огнестойкость строительных конструкций: Сборник научных трудов – М.: ВНИИПО, 1979. -С. 138-143.
6. Гаращенко, Н.А. Исследования эффективности огнезащиты деревоклееных конструкций: дисс ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Гаращенко Н.А. – М.: 2007.- 157 с.
7. Демидов, И. А. Снижение пожарной опасности деревянных строительных конструкций способом глубокой пропитки древесины огнебиозащитным составом КСД-А (марка 1) / Демидов И. А., Крашенинникова Н. Н., Кулаков В. С., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 3. – С. 31–38.
8. Арцыбашева, О.В. Повышение огнестойкости деревянных конструкций путем применения огнебиозащитных пропиточных составов/ О.В. Арцыбашева, Е.А. Анохин, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков, С.Б. Сивенков//Полимерные материалы пониженной горючести: материалы VIII международной конференции. – Алматы: Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, 2017 г. – С.248-251.
9. Нигматуллина, Д.М. Пожарная опасность деревянных конструкций с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами [Электронный ресурс] / Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков, Е.И. Стенина, В.М. Балакин // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 3. Режим доступа: http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/30-03-17.ttb.pdf.
10. Корольченко О.Н. Влияние средств огнезащиты на пожарную опасность древесины: дисс ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Корольченко О.Н. – М.: 2010.- 254 с.
11. Покровская, Е. Н. Механизм и эффективность огнезащиты фосфоркремнийорганических систем для древесины / Покровская Е. Н., Кобелев А. А., Нагановский Ю. К. // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т. 18, № 3. – С. 44–48.
12. Анохин, Е.А. Термический анализ древесины различного срока эксплуатации с огнезащитными составами / Альменбаев М.М., Анохин Е.А., Макишев Ж.К., Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б. // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». Выпуск № 3 (67), 2016 г. – Режим доступа: http://ipb.mos.ru/ttb.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КОРРОЗИИ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ КАК ПРЕВЕНТИВНАЯ МЕРА ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ

Петрилин Дмитрий Андреевич (petrilind@mail.ru),
Реформатская Ирина Игоревна (reformir@yandex.ru)

В данной статье рассматривается опасность образования коррозии на поверхности вертикальных стальных резервуаров (РВС). РВС используются на предприятиях по добыче, подготовке, хранении и транспортировке нефти. Актуальность исследования обусловлена прямой связью между возникновением пожаров нефтяных резервуаров и образованием пирофорных коррозионных отложений. Протекание коррозионных процессов приводит не только к снижению срока службы нефтяных резервуаров, но и влияет на безопасность их эксплуатации. Цель исследования - разработка эффективного метода обеспечения пожаровзрывобезопасности резервуаров с сернистой нефтью.

Ключевые слова: вертикальные стальные резервуары, коррозия, пирофорные коррозионные отложения, пожаровзрывобезопасность.

PREVENTION OF CORROSION OF OIL TANKS AS A PREVENTIVE MEASURE TO IMPROVE THEIR FIRE SAFETY

Petrilin Dmitry Andreevich (petrilind@mail.ru),
Reformatskaya Irina Igorevna (reformir@yandex.ru)

This article discusses the risk of corrosion on the surface of vertical steel tanks (RVS). RVS are used in the production, preparation, storage and transportation of oil. The relevance of the study is due to the direct relationship between the occurrence of fires in oil tanks and the formation of pyrophoric corrosion deposits. The course of corrosion processes leads not only to a decrease in the service life of oil tanks, but also affects the safety of their operation. The purpose of the study is to develop an effective method for ensuring fire and explosion safety of tanks with sulfur oil.

Keywords: vertical steel tanks, corrosion process, pyrophoric corrosion sediments, fire safety.

Вертикальные стальные резервуары (РВС) являются неотъемлемыми элементами технологических цепочек различных отраслей промышленности - нефтехимической, нефтегазовой, пищевой, медицинской, и др. Наибольшая их часть сосредоточена в нефтехимической промышленности, где они составляют резервуарные

парки или являются составной частью нефтеналивных терминалов и предприятий по переработке и хранению нефти. В какой бы отрасли промышленности не использовались нефтяные резервуары, они всегда подвергаются коррозии, однако опасность коррозионных поражений определяется как свойствами хранимых продуктов – их коррозионной активностью, так и последствиями коррозии – результатами, к которым приводит протекание коррозионных процессов.

Целью данного исследования является обеспечение пожаровзрывобезопасности нефтяных резервуаров. Поэтому основными задачами следует считать изучение особенностей образования коррозии на поверхности РВС и дальнейшую разработку метода обеспечения пожаровзрывобезопасности резервуаров с сернистой нефтью.

Наиболее опасны последствия коррозии внутренней поверхности резервуаров, поскольку в большинстве случаев размеры коррозионных поражений невозможно оценить без вывода резервуара из строя. Кроме того, при внутренней коррозии теряется качество хранимого продукта вследствие его загрязнений продуктами коррозии.

Обычно в качестве сырьевых и товарных резервуаров, контактирующих с сернистой нефтью, используют тонкостенные резервуары из углеродистых или низколегированных сталей. Назначением товарных резервуаров является сбор и хранение ранее подготовленной (товарной) нефти, сырьевой и технологической – предварительный отстой нефти с целю отделения от нее пластовой воды. Добываемая нефть практически всегда содержит некоторое количество воды, а при эксплуатации старых месторождений ее количество может достигать 95 % [1].

В зависимости от объема резервуаров толщина стенок нижних поясов составляет 6-25 мм, верхних поясов - 4-11 мм. Для резервуаров объемом 2000 м^3 и 5000 м^3 толщина стенок составляет соответственно 2,0-4,3 мм и 2,0-7,8 мм, толщина кровли 3,0-3,5 мм.

Результат анализа диагностики более 60 РВС в течение 2009-2014 гг. свидетельствует о том, что примерно 80% из них не соответствуют требованиям промышленной безопасности. Как правило, наблюдается нарушение герметичности резервуаров, вызванное одновременным наличием совокупности различных неблагоприятных факторов, среди которых основными являются дефекты технологические (изготовление и монтаж) и дефекты эксплуатационные (возникшие в процессе эксплуатации) [2]. Эксплуатационные дефекты возникают не только из-за изменения условий в процессе длительной эксплуатации резервуаров, но и вследствие ошибок проектирования. По данным различных авторов [2-4] наибольший процент повреждений РВС приходится на долю коррозии – 30-55 %, далее следуют дефекты сварных швов – примерно 20 %, на долю

каждого из остальных дефектов (осадка основания, дефекты основного металла, хлопуны и др.) приходится не более 8-10 %.

Таким образом, статистические данные свидетельствуют о том, что наиболее распространенными и опасными видами повреждений нефтяных резервуаров являются коррозионные повреждения днищ, стенок и кровли. Механические дефекты занимают второе место. Статистика данных о пожарах на нефтеперерабатывающих предприятиях свидетельствуют о том, что наиболее пожароопасным оборудованием являются наземные вертикальные резервуары [5], причем основными причинами возгорания считается коррозия, механический и физический износ. То есть протекание коррозионных процессов приводит не только к снижению срока службы нефтяных резервуаров, но и влияет на безопасность их эксплуатации.

Ранее считалось, что наиболее сильно страдают от коррозии нижние пояса резервуаров, контактирующие с подтоварной водой. Однако позднее было показано, что кровля и верхние пояса резервуаров, контактирующие с парогазовым пространством, подвергаются остро локализованной коррозии, скорость которой при хранении сернистой нефти может превышать 1,5 мм/год [6-8], а по некоторым данным достигать 3-8 мм/год [9].

Коррозионная опасность условий, реализующихся на кровле и верхних поясах резервуаров, обусловлена двумя основными факторами: конденсацией коррозионно активной влаги на их внутренней поверхности и одновременным присутствием кислорода и сероводорода в парогазовой фазе. Опасность возгорания нефти при коррозии резервуаров объясняется пирофорными свойствами коррозионных отложений [6, 8]. Сквозная перфорация металла кровли – наиболее тонкого элемента конструкции резервуаров, усугубляет пожароопасность, поскольку способствует свободному доступу кислорода во внутреннее пространство резервуаров. Являясь высокоэффективным окислителем, кислород повышает скорость протекания обоих сходных по механизму процессов – коррозии и горения.

Традиционным способом противокоррозионной защиты внутренней поверхности РВС является нанесение защитных покрытий [10, 11]. Однако в резервуарах с сернистой нефтью практически все выпускаемые и рекомендуемые в настоящее время лакокрасочные покрытия не обладают требуемой защитной способностью. Напротив, деградация современных полимерных лакокрасочных покрытий в коррозионно активном конденсате влаги приводит к обнажению поверхности металла. Участки незащищенного металла в местах отслоения покрытий начинают корродировать. Образующиеся продукты коррозии начинают проникать под покрытие, приводя к развитию еще одного вида коррозии – щелевой коррозии. Такое протекание процесса коррозии можно квалифицировать как автокаталитическое, поскольку чем большая площадь поверхности

металла оказывается вовлечена в процесс коррозии, тем выше будет скорость коррозии и острее ее локализация.

Одновременно с утерей металлоконструкцией эксплуатационных свойств происходит и накопление массы коррозионных отложений, обладающих пирофорными свойствами. В течение короткого времени на подвергшихся коррозии участках внутренней поверхности резервуара образуются крупные фрагменты отложений, толщина которых достигает нескольких сантиметров. Даже при скорости коррозии резервуарной стали 1 мм/год, скорость роста пирофорных отложений может составить ~30 мм/год, а при измеренной на кровле резервуаров скорости коррозии до 1,5-8 мм/год скорость роста пирофорных отложений составит 45-240 мм/год.

Помимо состава - FeS_2 (пирит), пирофорная способность коррозионных отложений обеспечивается их высокой пористостью, достигающей значений 1,5 $м^2/г$ (объем пористого пирофора примерно в 6 раз больше плотного пирита) и наличием во внешней части отложений свободной серы. Высокая пористость (развитость поверхности) пирофорных отложений способствует протеканию на ней гетерогенных реакций с высокой скоростью.

Способность пирита к самовозгоранию проявляется при толщине слоя отложений ~10 мм. Это означает, что даже при низкой скорости локальной коррозии - 1,5 мм/год, уже через 3 месяца после начала протекания локальной коррозии возникнут благоприятные условия самовозгорания пирофорных коррозионных отложений. При более высокой скорости локальной коррозии вероятность самовозгорания пирофоров в резервуарах с сернистой нефтью возникнет еще раньше. При среднем межремонтном периоде нефтяных резервуарах 3-5 лет и протекании локальной коррозии со скоростью 1,5 мм/год возгорание в них нефти вероятно уже в первый год после планового ремонта.

Таким образом, превентивным методом предотвращения возгорания нефти в резервуарах является предотвращение коррозии их внутренней поверхности или снижение ее скорости до значений, не превышающих технически допускаемого значения 0,01 мм/год. Традиционный способ противокоррозионной защиты внутренней поверхности РВС - нанесение защитных покрытий, оказывается малоэффективным, поскольку способствует обострению локализации коррозии. Наиболее эффективным способом снижения скорости коррозии нефтяных резервуаров представляется изменение состава парогазового пространства. Согласно [8] замена естественной парогазовой фазы резервуаров на атмосферу азота приводит к снижению скорости локальной коррозии внутренней поверхности кровли и верхних поясов до 0,013-0,015 мм/год, что соответствует технически допустимым значениям и обеспечит

пожаробезопасность в течение всего межремонтного периода. Дальнейшее исследование будет направлено на разработку эффективного метода защиты вертикальных стальных резервуаров от коррозии.

Литература

1. Завьялов В.В. Проблемы эксплуатационной надежности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений / Москва. ВНИИОЭНГ. 2005. 331 с.

2. Сафина И.С., Каузова П.А., Гущин Д.А. Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных // Журнал "ТехНадзор" №3(112) март 2016г. http://strategnk.ru/about/stati/statya1/statya1/.

3. Юхим М.С. Анализ основных неисправностей емкостей (резервуаров) для светлых нефтепродуктов // Журнал Химическая техника 2015 №10 / https://chemtech.ru/neispravnosti-i-sposoby-remonta-rezervuarnyh-emkostej-dlja-svetlyh-nefteproduktov/.

4. Оценка работоспособности резервуаров для хранения нефтепродуктов. https://zavod-uzsk.ru/.

5. А.В. Мальцев, А.В. Кочегаров, Д.В. Зубков Пожары на нефтеперерабатывающих заводах и анализ их последствий. Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты) 4(25) 2017. С. 128-132.

6. Крикунов А.А., Ленский А.Б., Бегишев И.Р., Андросов А.С., Реформатская И.И., Шишканов Б.А. /Об обеспечении пожарной и экологической безопасности резервуарных парков с сернистой нефтью//Технические газы. № 1, 2012 с. 62-67.

7. Пашкевич К.Л., Шишканов Б.А., Крикунов А.А., Ленский А.Б., Бегишев И.Р., Реформатская И.И. /Опыт применения «азотной подушки» при эксплуатации резервуарного парка с высокосернистой нефтью. // Инженерная практика. 2019. № 10. С. 66-70.

8. Бегишев И.Р., Реформатская И.И., Подобаев А.Н., Ащеулова И.И. / Коррозия внутренней поверхности резервуаров с сернистой нефтью и пирофорные свойства образующихся отложений // Практика противокоррозионной защиты 2020. Т. 25. № 1. С. 44-50.

9. Коррозия металлов как фактор износа резервуаров https://studwood.ru/896835/tovarovedenie/korroziya_metallov_faktor_iznosa_rezervuarov.

10. Гоник А.А., Калимуллин А.А., Сафонов Е.Н. Защита нефтяных резервуаров от коррозии. Уфа: РИЦАНК «Башнефть», 1996. 264 с.

11. Фахрисламов Р.З. Комлексная защита резервуаров типа РВС. Строительство: наука и образование. 2014 №1. С.4-8.

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ ЗВЕНЬЕВ ГАЗОДЫМОЗАШИТНОЙ СЛУЖБЫ ПРИ МАССОВОМ СПАСЕНИИ ЛЮДЕЙ

Габдуллин Владислав Булатович (vlad_gabdulin_17@mail.ru),
Ищенко Андрей Дмитриевич (adinko@mail.ru)

Проведен анализ времени работы звеньев газодымозащитной службы при массовом спасении людей с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения. Выявлены основные параметры и особенности функционирования звеньев газодымозащитной службы при проведении массовых спасательных работ.

Ключевые слова: звено газодымозащитной службы, дыхательный аппарат, время, расстояние.

CALCULATION OF THE OPERATING TIME OF THE GROUP OF THE GAS PROTECTION SERVICE DURING THE MASS RESCUE OF PEOPLE

Gabdullin Vladislav Bulatovich (vlad_gabdulin_17@mail.ru),
Ishchenko Andrey Dmitriyevich (adinko@mail.ru)

The analysis of the working time of the units of the gas and smoke protection service during the mass rescue of people using personal protective equipment of the respiratory and visual organs is carried out. The main parameters and features of the functioning of the units of the gas and smoke protection service during mass rescue operations are revealed.

Keywords: GROUP OF THE GAS PROTECTION SERVICE, breathing apparatus, time, distance.

Основная задача звеньев газодымозащитной службы (ГДЗС) на пожаре – оказание помощи людям, которым угрожает опасность и проникновение в зону горения для его локализации и последующей ликвидации. Особую опасность для жизни людей и звеньев ГДЗС на пожарах представляет воздействие на их организм дымовых газов, содержащих токсичные продукты горения и разложения различных веществ и материалов [1]. Так же для звеньев ГДЗС не менее важной проблемой для нахождения очага пожара и пострадавшего является дым, который создаёт условия плохой видимости [3]. В этой связи для проведения работ звено ГДЗС оснащается дыхательными аппаратами (ДА) в комплекте с различными самоспасателями.

На территории Российской Федерации (РФ) очень часто происходят пожары во всех сферах жизнедеятельности людей. В среднем на территории России происходит в год до 150 тыс. пожаров. При этом отмечаются пожары в местах с массовым пребыванием людей.

Для того чтобы выявить все основные параметры и особенности функционирования звеньев ГДЗС при проведении массовых спасательных работ было проведено моделирование тактических возможностей звеньев газодымозащитной службы при пожарах на объектах с массовым

пребыванием людей. В данной области активно велись исследования отечественными учеными Топольским Н.Г, Тараканом Д.В., Денисовым А.Н., Гринченко Б.Б. и опубликовано ряд работ в Российских и международных журналах. Разработаны различные системы, модули управления и поддержки действий при работе в задымленных помещениях. [5,6].



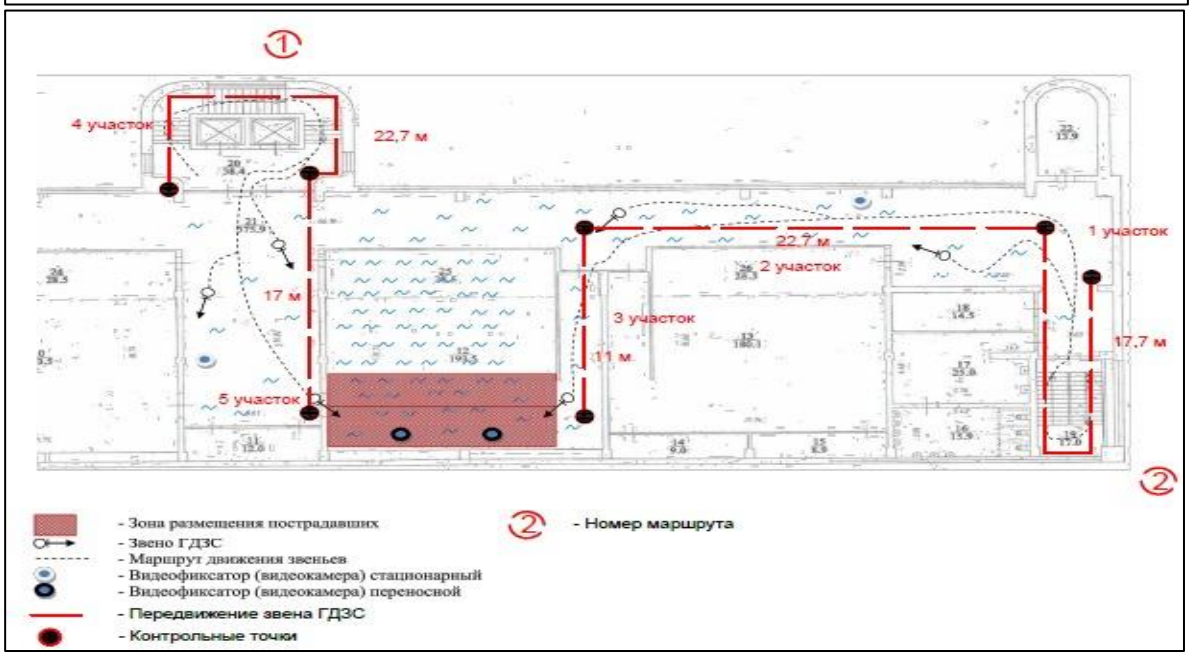


Рис.1 - Схемы моделирования

При проведении моделирования принимается в расчет, что для спасения человека, которому существует угроза жизни и здоровью, и при

этом его самостоятельная эвакуация невозможна (далее – пострадавший), необходимо одно звено ГДЗС.

В исследовании, расчетным способом был смоделирован процесс спасения пострадавших из условного помещения в условиях задымления, в результате которого были получены данные, определяющие параметры и особенности работы звеньев ГДЗС в заданных условиях.

Маршруты были разделены на несколько участков 1,2,3,4,5 (рис.1), при прохождении каждого осуществлялся контроль времени работы звена ГДЗС. По результатам времени транспортировки пострадавшего в безопасную зону одним звеном ГДЗС, состоящим из двух человек, был произведен расчет.

При моделировании спасения пострадавших скорость звена без пострадавшего принималась 5,4 м/мин [4], скорость звена при спасении пострадавшего составляла 2,7 м/мин, видимость – нулевая. Расстояние от точки включения звеньев ГДЗС до расположения пострадавших: по первому маршруту 40 м; по второму маршруту 63 м. Давление в баллонах ДАСВ принималось 260 атм.

Время использования одного баллона с давлением 260 атм:

$$T_{\text{общ}} = \frac{\left(P_{\min.\text{вкл.}} - P_{\text{уст.раб}}\right) V_{\text{б}}}{40\ \text{К}_{сж}} = \frac{(260-10)*6{,}8}{44} = 38 \text{ мин} \quad (1)$$

Время, затраченное звеном ГДЗС на преодоление пути до пострадавших:

$$\text{1 маршрут: } T_{\text{до постр}} = \frac{L}{V} = \frac{40}{5{,}4} = 7{,}4 \text{ мин} \quad (2)$$

$$\text{2 маршрут: } T_{\text{до постр}} = \frac{63}{5{,}4} = 11{,}6 \text{ мин} \quad (3)$$

Время на поиск и подготовку пострадавших для спасения принималось $T_{\text{сп}}$= 1 мин.

При спасении пострадавших скорость звена ГДЗС принималась уменьшенной в два раза. Время, затраченное звеном ГДЗС на спасение пострадавших:

$$\text{1 маршрут: } T_{\text{вых}} = \frac{L}{V} = \frac{40}{2{,}7} = 14{,}8 \text{ мин} \quad (4)$$

$$\text{2 маршрут: } T_{\text{вых}} = \frac{63}{2{,}7} = 23{,}3 \text{ мин} \quad (5)$$

Общее время работы звена ГДЗС:

$$T_{\text{раб}} = T_{\text{до постр}} + T_{\text{сп}} + T_{\text{вых}} \quad (6)$$

$$\text{1 маршрут: } T_{\text{раб}} = 7{,}4 + 1{,}0 + 14{,}8 = 23 \text{ мин } 12 \text{ с} \quad (7)$$

$$\text{2 маршрут: } T_{\text{раб}} = 11{,}6 + 1{,}0 + 23{,}3 = 35 \text{ мин } 54 \text{ с} \quad (8)$$

Таблица 1 - Расчетное время спасения людей из задымленного помещения

Расчетное время спасения людей из задымленного помещения, мин			
1 маршрут		2 маршрут	
1-й человек	23,12	1-й человек	35,54
2-й человек	24,42	2-й человек	36,24
3-й человек	25,12	3-й человек	36,54
4-й человек	25,42	4-й человек	37,24
5-й человек	26,12	5-й человек	37,54
6-й человек	27,42	6-й человек	38,24
7-й человек	28,12	7-й человек	38,54
8-й человек	28,42	8-й человек	39,24
9-й человек	29,12	9-й человек	39,54
10-й человек	29,42	10-й человек	40,24
11-й человек	30,12	11-й человек	40,54
12-й человек	30,42	12-й человек	41,24
13-й человек	31,12	13-й человек	41,54
14-й человек	31,42	14-й человек	42,24
15-й человек	32,12	15-й человек	42,54
16-й человек	32,42	16-й человек	43,24
17-й человек	33,12	17-й человек	43,54
18-й человек	33,42	18-й человек	44,24
19-й человек	34,12	19-й человек	44,54
20-й человек	34,42	20-й человек	45,24

В проведении эксперимента была заложена гипотетическая ситуация, подразумевающая предварительное сосредоточение сил на месте пожара, что не может быть достигнуто в реальных условиях непредсказуемости места и времени возникновения пожара.

В результате расчета получены данные, позволяющие осуществить примерный прогноз времени спасения пострадавших при условии, что звенья возвращались по мере захода в непригодную для дыхания среду, не учитывая особенности работы, такие как столкновение звеньев, их скопление и др.

В ходе моделирования не учитывалось повышение концентрации дыма из-за открытия дверей до уровня, имевшегося в коридоре, и соответствующее этому сокращение времени жизни пострадавших за счет увеличения степени токсического воздействия на них ОФП. Поэтому число людей, которых можно было бы извлечь из условного помещения до момента наступления их гибели было бы еще меньше. Количественная оценка указанного повышения токсического воздействия на людей,

находящихся в помещении, из-за открытия дверей может быть получена с использованием специального программного обеспечения по моделированию пожаров.

В рамках проведенного моделирования, транспортировка пострадавших в безопасную зону звеньями ГДЗС осуществлялась без использования спасательных устройств, большинство которых, имеющихся на вооружении в подразделениях ФПС ГПС, имеют постоянную подачу воздуха. Повышенный расход воздуха звеньев ГДЗС еще более ограничивает время на спасение пострадавшего в безопасную зону, и как следствие может стать угрозой жизни и здоровью не только пострадавшего, но и звена ГДЗС, являющегося тактической единицей и не способного выполнить дальнейшие работы по предназначению.

Моделирование показало, что наступление одного из опасных факторов пожара, такого как потеря видимости, приводит к большой потере скорости звена ГДЗС и тем самым затрудняет спасение людей из зоны задымления. На сегодняшний день в РФ насчитывается несколько тысяч торгово-развлекательных центров, и проблема массового спасения людей из зоны задымления актуальна и требует новых решений.

Литература

1. Чистяков И. М., Кичайкин В. В., Краснов И. А., Погожин Д. П. Влияние снижения видимости на пожаре на работу звеньев ГДЗС // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (7). Т. 1. С. 346-347.

2. Коршунов И. В., Смагин А. В., Панков Ю. И., Андреев Д. В. О поисково-спасательных работах звена газодымозащитной службы // Технологии техносферной безопасности. 2016. Вып. 4 (68). С. 82-88. http://academygps.ru/ttb.

3. Соковнин А. И., Ищенко А. Д., Федяев В. Д. Условия видимости для пожарных в задымленной зоне при тушении пожаров на объектах энергетики // Технологии техносферной безопасности. 2016. Вып. 3 (67). С. 69-73. http://academygps.ru/ttb.

4. В.Б. Габдуллин, А.Д. Ищенко «Влияние периодов работы звеньев газодымозащитной службы на непрерывность тушения пожара», Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (https://academygps.ru/ttb). Выпуск 1 (87) 2020 г., с. 25-37

5. Тараканов, Д.В. Система информационной поддержки управления звеньями газодымозащитной службы при ликвидации пожаров в зданиях [Текст] / Д.В. Тараканов // Пожарная и аварийная безопасность: материалы X Международной научно-практической конференции. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. - С. 185-186.

6. Топольский Н.Г., Тараканов Д.В., Степанов Е.В., Багажков И.В., «Пространственная модель управления действиями поисково-спасательных подразделений при пожарах и задымлении», СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ, Выпуск 3 (36) 2020 г., с. 47-52.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА

Бурлаченко Ксения Григорьевна (ksenia_burlachenko@mail.ru)

Описаны особенности работы государственного инспектора по пожарному надзору в повседневной деятельности, влияющие на изменения в фонде рабочего времени, на примере использования некоторых программных комплексов и внедрении изменений в действующем законодательстве. Описана иерархия проблемы обеспечения пожарной безопасности со стороны структурного подразделения пожарного надзора.

Ключевые слова: надзор, деятельность, фонд рабочего времени.

SOME FEATURES OF THE ORGANIZATION OF CONTROL AND SUPERVISION ACTIVITIES IN THE DIVISION OF STATE FIRE SUPERVISION

Burlachenko Kseniya Grigoryevna (ksenia_burlachenko@mail.ru)

The article describes the features of the work of the state fire inspector in daily activities, influencing the change in the fund of working time, on the example of the use of some software systems and changes in the current legislation. The hierarchy of the problem of ensuring fire safety on the part of the structural unit of fire supervision is described.

Keywords: supervision, activity, working time found.

Повседневная деятельность органов государственного пожарного надзора претерпевает различные изменения. Некоторые из них касаются нормативно-правовых актов, используемых в работе инспекторским составом, другие касаются программных комплексов, применяемых для ведения цифрового документооборота в подразделениях государственного пожарного надзора.

Одним из ресурсозатратных вопросов при ведении электронного документооборота остается дублирование вводимых данных в различных программных комплексах [1]. После проведения контрольно-надзорного мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на объекте защиты, необходимо заполнить документы в программе Microsoft word, затем внести данные в СПО ИАП [2] и в ФГИС «Единый реестр проверок» [3], [4]. Положительный результат использования данных программных

комплексов очевиден, однако автоматизированное заполнение вводимых данных между программными комплексами, а также генерация основных документов к окончанию проведения контрольно-надзорного мероприятия, позволило бы существенно снизить нагрузку на инспекторский состав. Около полутора часов рабочего времени по каждому контрольно-надзорному мероприятию могут освободиться после данной автоматизации.

Вопрос дефицита фонда рабочего времени также актуален в связи с вступлением в силу 1 января 2021 года новых Правил противопожарного режима в Российской Федерации [5]. Изменения в нормативной документации напрямую связаны с изменениями нагрузки на конкретного инспектора в подразделениях надзорной деятельности и профилактической работы. Изучение новой документации влечет за собой необходимость увеличения часов по служебной подготовке инспекторского состава в подразделении. В связи с тем, что график проведения служебной подготовки составляется на год вперед, предусмотреть увеличение часов без ущерба иным функциям, возложенным на конкретного сотрудника, невозможно. Каждому инспектору, исполняющему функции по проведению контрольно-надзорных мероприятий, придется в личное время осуществлять самостоятельную подготовку по изучению действующего законодательства, что, со своей стороны, может сказаться на качестве предоставления государственной услуги. Знание нормативных документов – важная составляющая обеспечения пожарной безопасности в целом. Подготовленность личного состава по служебной подготовке позволяет осуществлять грамотное проведение контрольно-надзорных мероприятий, профилактику возникновения пожаров при проведении сезонных мероприятий[6], осуществлять консультирование по вопросам соблюдения правил пожарной безопасности и иные функции, возложенные на органы государственного пожарного надзора.

В связи с вышеизложенным, следует отметить, что в число вопросов обеспечения пожарной безопасности входит грамотная организации деятельности в структурном подразделении государственного пожарного надзора.

Далее рассмотрим проблему обеспечения пожарной безопасности более целостно, а именно в виде простейшей иерархии, состоящей из трех уровней: цель, критерии и альтернативы. Иерархия представлена на рис. 1.

В дальнейших исследованиях будут подробнее исследованы основные критерии обеспечения пожарной безопасности, приведенные в данной иерархии. Также будет определена их значимость и достаточность. Исследования в области рассмотрения различных иерархий, касаемых

деятельности подразделений государственного пожарного надзора, необходимы для дальнейшего построения модели ресурсного обеспечения подразделения пожарного надзора, наиболее приближенной к современным реалиям.



Рис. 1 - Иерархия обеспечения пожарной безопасности. Критерии и альтернативы

Исследованиями по принятию управленческих решений при определении численности личного состава занимались такие ученые, как: Брушлинский Н.Н., Топольский Н.Г., Соколов С.В., Гаврилей В.М., Монахов В.Т., Мешалкин Е.А., Медведков А.А., Присадков В.И., Плешаков В.В., Лобаев И.А., Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. и др. Опираясь на вышеуказанные исследования, рассматривая иные существующие методики оценки фонда рабочего времени в подразделениях надзорной деятельности и профилактической работы, а также учитывая современные особенности работы, будет составлен обобщенный алгоритм ресурсного обеспечения подразделений надзорной деятельности, который можно использовать при разработке методики

ресурсного обеспечения в подразделениях надзорной деятельности и профилактической работы при различных сценариях. Комплекс данных мероприятий необходим для дальнейших исследований по принятию управленческих решений, так как задача обеспечения пожарной безопасности со стороны государственного пожарного надзора остается постоянной, а объем работы, выполняемый инспекторским составом в конкретных подразделениях имеет непостоянный характер с тенденцией к росту. Рост объема работ в настоящее время обуславливается различными факторами: введением электронного документооборота, которое не исключает дублирование информации; тестирование новых программных комплексов с целью их введения в дальнейшую работу; углубленное изучение меняющегося законодательства для осуществления грамотной законной деятельности должностного лица; увеличение нагрузки по различным видам профилактики пожаров и др.

В соответствии с изложенным, становится очевидна актуальность дальнейшего исследования критериев для оценки эффективности деятельности органов государственного пожарного надзора, необходимых для обеспечения пожарной безопасности в современных условиях.

Литература

1. Бурлаченко К.Г., Репин С.В. Современные аспекты информатизации надзорной деятельности // Материалы двадцать девятой международной научно-технической конференции "Системы безопасности – 2020", Академия Государственной противопожарной службы, 2020 С. 286-289.

2. Хорошев А.А. «Функционирование специализированного программного обеспечения исполнения административных процедур (СПО ИАП) единой системой в масштабах Российской Федерации» Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». Выпуск №4 (50), 2013 год, 2 стр.

3. https://proverki.gov.ru/.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 октября 2011 г. № 861 «О федеральных государственных информационных системах, обеспечивающих предоставление в электронной форме государственных и муниципальных услуг (осуществление функций)».

5. Постановление правительства Российской Федерации от 16.09.2020 № 1479.

6. А.П. Сатин, А.В. Пешков, Д.А. Доржиев, А.Г. Фролов, Д.Х. Жанатаев Некоторые особенности распределения рабочего времени инспекторского состава государственного пожарного надзора // материалы конференции «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы», Воронежский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. № 9. С. 793-795.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ В ЗДАНИИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Григорян Роман Артурович (gra-96@mail.ru),
Шихалев Денис Владимирович (evacsystem@gmail.com)

В работе разработана блок-схема алгоритма программной части информационной системы определения пожарной безопасности для системы комплексного мониторинга безопасности людей в здании.

Ключевые слова: пожарный риск, пожарная безопасность, пожарный мониторинг, режим реального времени.

ALGORITHM FOR DETERMINING THE LEVEL OF FIRE SAFETY OF PEOPLE IN A BUILDING IN REAL TIME

Grigoryan Roman Arturovich (gra-96@mail.ru),
Shikhalev Denis Vladimirovich (evacsystem@gmail.com)

The block diagram of the algorithm of the software part of the fire safety determination for the system of integrated monitoring of the safety of people in the building is designed and described.

Keywords: fire risk, fire safety, fire monitoring, real-time mode.

Система противопожарной защиты представляет собой инструмент для ограничения действия ОФП и их последствий и состоит помимо прочих из следующих элементов:

- автоматические установки пожарной сигнализации и пожаротушения;
- средства противодымной защиты;
- огнепреграждающие устройства в технологическом оборудовании;
- средства оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) людей при пожаре;

– средства обеспечения и защиты путей эвакуации.

Вышеперечисленные элементы являются одним из составляющих пожарной безопасности людей в здании [1]. Предусматривается что их работа должна быть чётко налажена, все устройства должны обладать определённой степенью отказоустойчивости и надёжности. Однако, даже в процессе эксплуатации возникает человеческий фактор, который влияет на их работоспособность (например, несвоевременное обслуживание, игнорирование неисправностей и др.)

Несанкционированное воздействие на одну из подсистем противопожарной защиты может повлечь серьёзные последствия и отразиться пониженным уровнем безопасности людей в здании в целом. Возникновение перебоев в работе перечисленных подсистем, скрытые неисправности и ненадлежащее обслуживание – всё это в случайном порядке изменяет значение уровня индивидуального пожарного риска людей, находящихся в здании. Ранее в работе [2] был предложен подход для решения данной проблемы путем создания системы комплексного мониторинга безопасности людей в здании. Подобная система должна удовлетворять следующим требованиям:

– Мониторинг уровня безопасности должен осуществляться в здании в режиме реального времени;

– Система комплексного мониторинга должна учитывать все физические особенности здания: геометрические параметры помещений, ширину проходов, наличие ЛВЖ и ГЖ, материалы облицовки и внутренних несущих конструкций и т.п.;

– Система должна обеспечивать поддержку в принятии решений для ЛПР по организации эвакуации по оптимальному с точки зрения безопасности маршруту;

– Система должна отслеживать текущее состояние всех компонентов системы противопожарной защиты, немедленно докладывать об изменении их статуса и возникновении неисправностей и учитывать эти неисправности при подсчёте общего уровня пожарного риска;

– Система должна отслеживать динамику изменения общего уровня пожарного риска (индивидуальный пожарный риск (ИПР) по специальной формуле, позволяющей получать актуальные данные о текущем уровне безопасности объекта и максимально исключить из расчёта факторы случайности.

Для определения уровня безопасности людей в здании в режиме реального времени и с учётом всех вышеперечисленных требований необходимо разработать алгоритм его определения.

Для того, чтобы разработать данный алгоритм принято взять за основу формулы и последовательность действий по нахождению ИПР, описанные в приложении к Приказу МЧС РФ № 382 от 30 июня 2009 г. «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [3, 4] (далее – Методика). Для построения алгоритма определения пожарной безопасности людей в здании в данной работе было принято три парадигмы:

1. Уровень пожарной безопасности людей в здании будет являться динамической величиной и вычисляться в реальном времени по формуле нахождения ИПР. Это необходимо для того, чтобы максимально упростить алгоритм мониторинга пожарной безопасности, до тех пор, пока система не будет разработана, внедрена и апробирована на практике. Также приравнивание величины ИПР к уровню пожарной безопасности людей позволит не удаляться от привычных проверенных формул Методики для большей универсальности создаваемого алгоритма;
2. Уровень пожарной безопасности людей в здании будет определяться для каждого помещения (сегмента здания) отдельно, что позволит проводить более детальный анализ общей пожарной обстановки на объекте и избавит от необходимости привлечения экспертов при выборе сценария пожара (т к. сценарий пожара будет разыгрываться автоматически наихудший для данного помещения);
3. Гипотеза о том, что применение в текущем виде Методики для расчёта ИПР в реальном времени нецелесообразно.

На рисунках 1-2 представлена блок-схема алгоритма работы программной части системы мониторинга комплексной безопасности людей в здании по расчёту ИПР в режиме реального времени.

Расчёт коэффициентов основывается на данных компонентов, входящих в состав системы мониторинга комплексной безопасности людей в здании.

По итогам функционального проектирования системы был создан алгоритм определения уровня обеспечения пожарной безопасности людей в здании, который выделяет следующие основные этапы:

1) Получение данных об исправности всех устройств отдельных компонентов системы;
2) Получение параметров сценария развития пожара и ОФП и геометрических параметров сегментов здания;
3) Расчёт ИПР;
4) Доведение данных по расчёту до ЛПР.

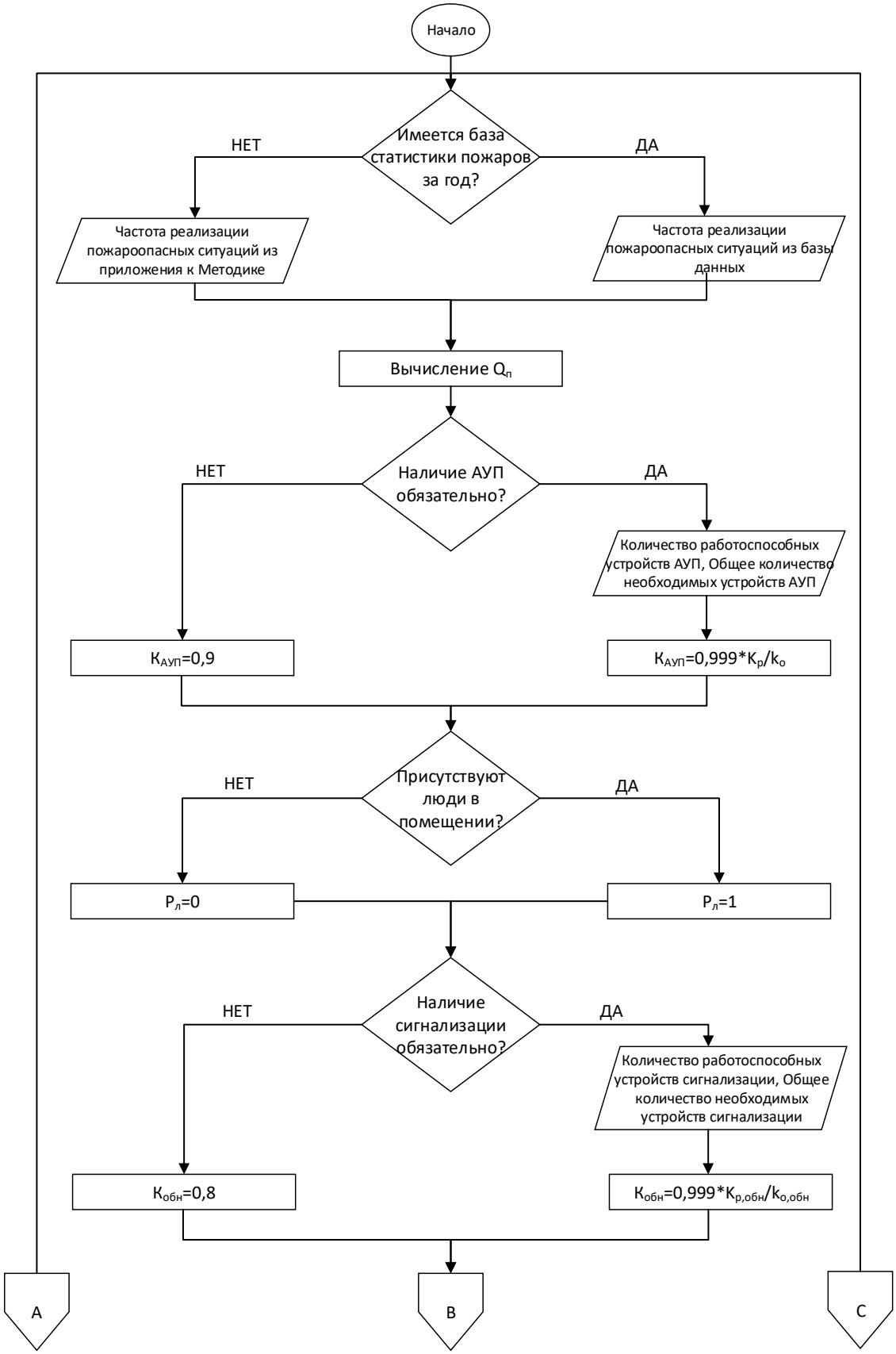


Рис. 1 - Блок-схема алгоритма поиска ИПР в реальном времени (ч. 1)

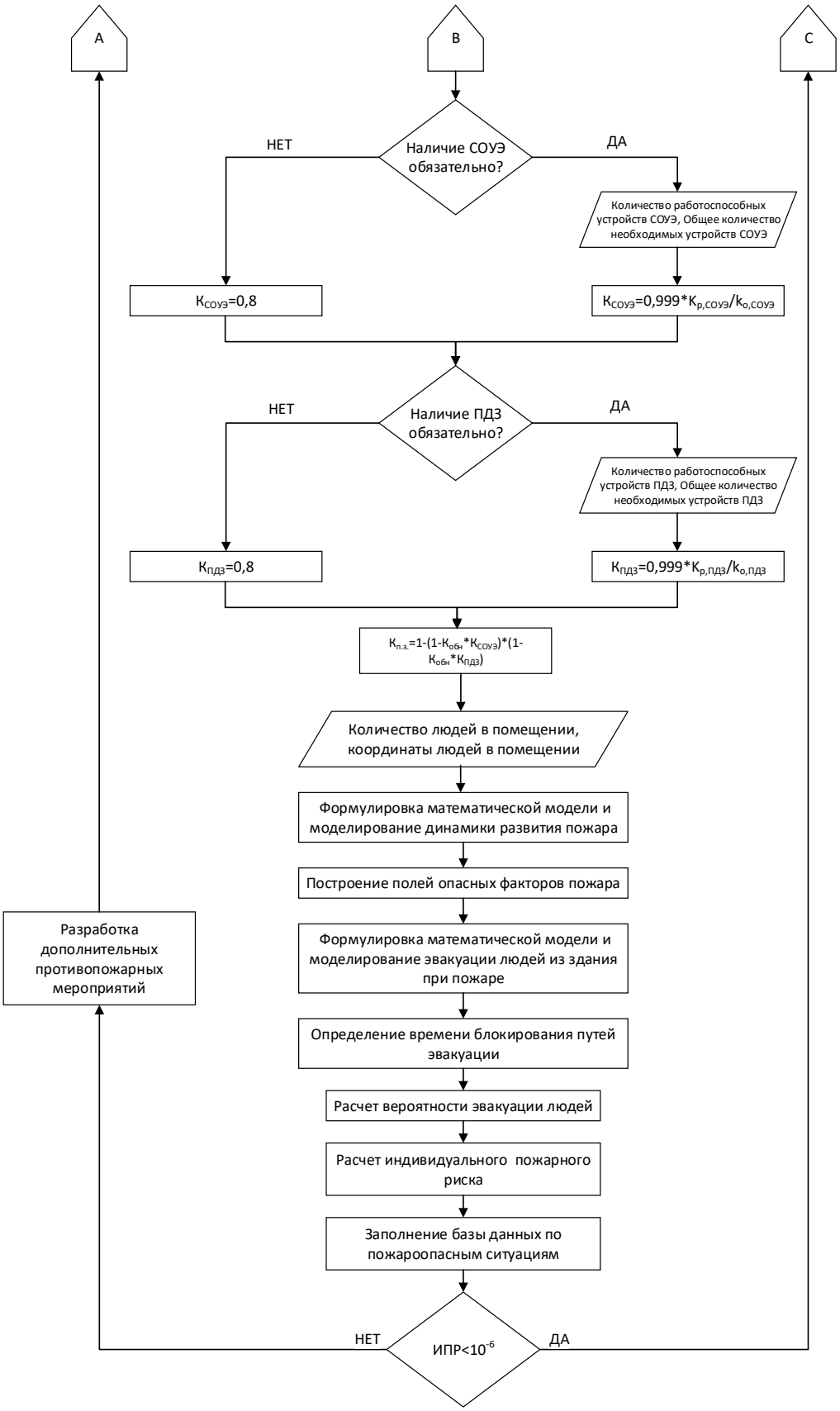


Рис. 2 - Блок-схема алгоритма поиска ИПР в реальном времени (ч. 2).

Выводы и направления дальнейшей работы

В ходе работы был разработан алгоритм определения уровня безопасности, по которому система будет выдавать искомый параметр. Для создания данного алгоритма были сформулированы основные парадигмы определения уровня безопасности в здании в реальном времени, принципиально отличающие его от всех существующих способов организации системы противопожарной безопасности. При этом алгоритм руководствуется существующими методиками по расчёту индивидуального пожарного риска, не изменяя фундаментальные концепции определения пожарных рисков.

В дальнейшем планируется разработать схему подключения основных элементов автоматизированной информационной системы, составления модели получения данных (связи устройств) и апробации развёртывания системы на территории одного из зданий с массовым пребыванием людей.

Литература

1. Закон Российской Федерации "О пожарной безопасности" от 21.12.1994 № 69 // Российская газета. 1995 г.

2. Григорян Р.А., Шихалёв Д.В., Ефимов А.А., Оценка возможности определения безопасности людей в режиме реального времени // Технологии техносферной безопасности. 2020. №4 (90) . С. 62-73.

3. Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 // Электронный доступ: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90833.

4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.;

5. Xiaoan Zh., Yanyan Y., Ying Zh. Evacuation simulation of counter-current behavior using agent model for pedestrian dynamics // International Journal of Education and Management Engineering. 2011. №4. С. 72-79.;

6. Фирсов А.В., Харисов Г.Х. Учёт класса функциональной пожарной опасности зданий и сооружений при оценке индивидуального пожарного риска // Технологии техносферной безопасности. 2012. №6. С. 20.

ОБ ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Шахабов Майрбек Мусаевич (Shahmayrbek95_95@mail.ru),
Сивенков Андрей Борисович (sivenkov01@mail.ru)

В данной статье рассматривается проблема огнестойкости металлических строительных конструкций длительного срока эксплуатации. Показано, что в

результате старения металлов возникают необратимые усталостные деформации с изменением физико-химических и механических свойств, что может оказывать влияние на особенности поведения металлических конструкций в условиях пожара. Высказано предположение о возможном снижении огнестойкости металлических конструкций в результате продолжительной их эксплуатации.

Ключевые слова: металл, огнестойкость, металлические конструкции, срок эксплуатации, старение.

ON FIRE RESISTANCE OF METAL CONSTRUCTIONS OF LONG OPERATION LIFETIME

Shakhabov Mayrbek Musayevich (Shahmayrbek95_95@mail.ru),
Sivenkov Andrey Borisovich (sivenkov01@mail.ru)

This article considers the problem of fire resistance of metal building constructions of long operational lifetime. It is shown that as a result of metal aging, irreversible fatigue deformations occur with changes in physical, chemical and mechanical properties, which can affect the behavior of metal constructions in fire conditions. It is suggested that fire resistance of metal constructions may be reduced as a result of their long operational lifetime.

Keywords: metal, fire resistance, metal constructions, service life, aging.

Металлические конструкции занимают важнейшую часть в сфере строительства. В современной практике строительной индустрии они находят широкое применение в качестве ответственных несущих конструкций зданий и сооружений различного функционального назначения. Причиной этого, безусловно, является способность металлов в различной степени выдерживать значительные нагрузки, благодаря своей высокой прочности и долговечности. Также необходимо отметить способность металлов (преимущественно различные марки стали) сопротивляться различным видам напряженных состояний в течении длительного времени эксплуатации, а также другие достоинства.

Основными недостатками металлических конструкций являются подверженность коррозии и низкие пределы огнестойкости. В этой связи особую актуальность приобретают различные методы защиты, позволяющие обеспечить соответствующую долговечность конструкций. Учитывая то, что одним главных классификационных показателей строительных конструкций является огнестойкость [1], приобретают

большую значимость вопросы применения эффективных огнезащитных материалов.

Несомненно, огнестойкость металлических конструкций зависит от многочисленных факторов, в частности нагрузки, размеров сечения конструкции, ее конфигурации, сортаментных и прочностных характеристик металла, условий нагрева (режим пожара) и ряда других. Результаты многочисленных исследований нашли свое отражение в справочной, нормативно-технической и учебой литературе [2]. Вместе с этим, имеются некоторые пробелы в изучении поведения строительных конструкций на основе металлов в условиях пожара, оценки пределов их огнестойкости. Одним из таких фактически не изученных вопросов является влияние срока (продолжительности) эксплуатации на особенности поведения металлических конструкций в условиях пожара.

Существует достаточно большое количество работ, посвященных процессу старения металлов, а также изменения их физико-химических свойств в результате продолжительной эксплуатации [3 – 6]. В этих работах было установлено, что в процессе длительной эксплуатации в металлах происходят необратимые физико-химические процессы с возникновением усталостных напряжений, что необратимо приводит к изменению механических деформационных характеристик материала. Так, например, в работах по результатам исследований были определены следующие особенности сталей с учетом длительного периода их эксплуатации:

- при старении стали уменьшается остаточное относительное удлинение, повышается предел текучести, уменьшается ударная вязкость, т.е. сталь становится более хрупкой.

- в стали старение возникает вследствие того, что растворенные в кристаллитах феррита в небольших количествах углерод, азот и другие примеси выделяются с течением времени из твердого раствора и образуют структурно свободный цементит и нитриды, которые располагаются по границам зерен феррита.

- количественное содержание таких химических элементов, как азот, углерод оказывает значительное влияние на старение наплавленного металла.

- длительная эксплуатация может приводить к деградации свойств металла, связанной с изменением структурного состояния. В результате этого разрушение становится возможным даже при напряжениях, не превышающих максимально допустимые. Снижение сопротивления разрушению может быть связано с процессами старения металла, повышения содержания водорода, увеличения внутренних напряжений и накопления дефектов типа микротрещин.

- изменение свойств стали, характерное для деформационного старения, происходит только в том случае, если:

1) в металл деформацией (или другим способом) введено определенное количество «свежих» дислокаций;

2) концентрация примесных атомов, которые могут эффективно взаимодействовать с этими дислокациями, превышает 10^{-4} % (по массе).

- механические свойства, определяемые при длительных нагрузках, тесно связаны с внутренними превращениями, которые ускоряются одновременным влиянием повышенной температуры и нагружения.

- при старении стали уменьшается остаточное относительное удлинение, повышается предел текучести, уменьшается ударная вязкость, т.е. сталь становится более хрупкой.

В связи с установлением физико-механических свойств строительных сталей в условиях воздействия высоких температур, автором и инженером Н. П. Савкиным были проведены исследования прочности некоторых видов арматурных сталей в условиях воздействия на них повышенных температур. Исследования показали, что значения потери прочности сталей в горячем состоянии и после охлаждения весьма различны. Это объясняется тем, что сталь, будучи нагретой до определенной температуры и затем подвергнутая постепенному охлаждению, в той или иной мере восстанавливает свои прочностные свойства [7].

Учитывая, малоизученность вопроса огнестойкости стальных конструкций в результате длительного процесса эксплуатации, в целом научный интерес представляют разные работы, в которых имеются данные по огнестойкости стальных конструкций после одномоментного или длительного механического воздействия, повлекшие за собой снижение пределов огнестойкости конструкций. Так, например, Васильченко А.В. в своей работе [8] провел расчет предела огнестойкости стальной колонны при соответствующих деформациях, не вызывающих потери ее устойчивости. В качестве стальной конструкции автором рассматривалась одноопорная центрально сжатая колонна, обогреваемая в случае пожара с 4-х сторон. На основании данных для стальной колонны по методам, изложенным в работах [2, 9] автор рассчитал значение коэффициента продольного изгиба и определил для нее критические температуры при различных рабочих нагрузках N_p, вычислив коэффициент снижения несущей способности. Затем были определены значения эксцентриситета $l_{ост}$ при различных рабочих нагрузках N_p. Результаты полученных вычислений приведены в виде графиков на рис. 1.

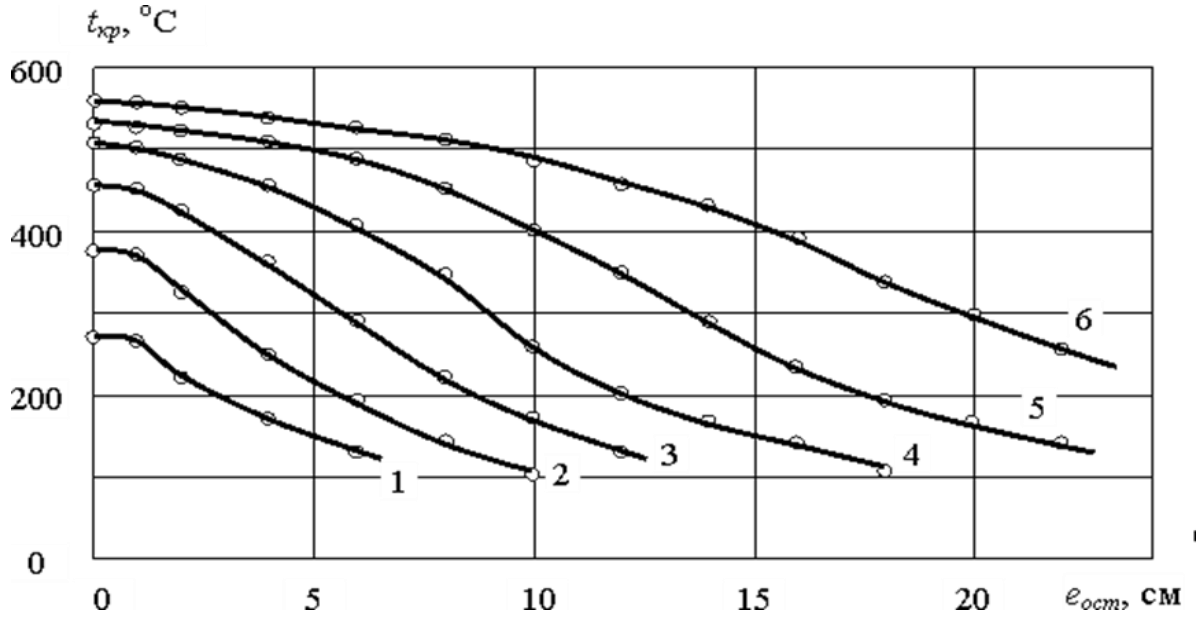


Рис. 1 - Зависимости критической температуры стальной колонны от величины остаточного эксцентриситета (изгиба) при рабочих нагрузках N_p (кН): 1 – 2200 кН; 2 – 2000 кН; 3 – 1800 кН; 4 – 1600 кН; 5 – 1400 кН; 6 – 1200 кН [8].

Из рис. 1 видно, что взрывная деформация стальной колонны, которая не вызывает потери несущей способности, ведет к снижению ее критической температуры на 200-300 °С. В зависимости от рабочей нагрузки критическая температура при прогибе 10-12 см может достигать от 100 до 200 °С. Таким образом, автором на данном примере показано влияние остаточной деформации стальной колонны после аварийного взрыва на ее огнестойкость. Деформация колонны при взрыве ведет к снижению ее несущей способности и, следовательно, к снижению критической температуры и предела огнестойкости. Также отмечается, что при деформации колонны снижается эффективность огнезащитных покрытий без их повреждения, что обусловлено со снижением предела огнестойкости конструкции [8].

Подтверждением изменения физико-химических характеристик элементов стальных конструкций длительного срока эксплуатации являются и результаты современных исследований. Так, в 2020 году специалистами научно-исследовательского, проектно-изыскательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений им. Н.М.Герсеванова в своем научно-техническом отчете [10] была проведена экспертная оценка состояния металлических балок перекрытий здания Государственного музея изобразительных искусств (ГМИИ) имени А.С. Пушкина.

Обследование металлических балок перекрытия, имеющих ориентировочно 100-летний срок эксплуатации показало их значительную

степень коррозии. На рис. 2 представлено визуальное состояние балки монолитного балочного железобетонного перекрытия с трапециевидным сечением и армированием жесткой арматурой в помещении коррозии. На участке вскрытия была установлена местами коррозия проволоки Вр-I – 1 мм, а также коррозия самого двутавра.



Рис. 2 - Балка перекрытия помещения кондиционирования
ГМИИ имени А.С. Пушкина [10]

По результатам данного обследования был сделан вывод о том, что металлические конструкции, которые длительное время находятся под действием нагрузки, приобретают усталостные напряжения, вследствие этого происходит потеря их прочностных характеристик.

Многочисленные результаты работ в области старения металлов показывают, что в результате продолжительного времени эксплуатации металлических конструкций под действием различных видов напряженных состояний, наблюдается изменение физико-химических свойств металлов. Типичные изменения, например, связаны с уменьшением содержания углерода в стали.

Принимая во внимание тот факт, что прочность стали зависит во многом от содержания углерода, можно прогнозировать происходящие изменения прочностных характеристик металлов во время эксплуатации конструкций и их элементов. Также известным является то, что чем меньше значение углерода в стали, тем она менее надежна с учетом повышения ее хрупкости [7]. На основании этих данных априори можно сделать предположение о том, что для металлических конструкций

длительная эксплуатация и воздействие механических нагрузок возможно приведет к снижению пределов огнестойкости.

Проведенный анализ научных работ в области огнестойкости металлических конструкций свидетельствует о том, что процесс старения металлов фактически не учитывается при рассмотрении вопроса пределов оценки этих конструкций. Не ясно в какой степени фактор старения металлов может оказывать влияние на особенности поведения металлических конструкций в условиях пожара. Учитывая вышесказанное, данный вопрос является весьма актуальным с позиций объективной оценки огнестойкости подобных конструкций, прогнозирования их поведения в условиях воздействия высоких температур (пожара) с учетом внедрения результатов в нормативно-технические и справочные документы, расчетные методики по оценке фактических пределов огнестойкости.

Литература

1. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. В.М. Ройтман, Б.Б. Серков, Ю.Г. Шевкуненко, А.Б. Сивенков и др. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учебник / под ред. В.М. Ройтмана; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – 364 с.

3. А.В. Сафошкин, А.А. Петренко, Элементы, вызывающие старение металла. Политехнический институт (филиал) ДГТУ, г. Таганрог, Россия. Изд.- Исследование и проектирование интеллектуальных систем в автомобилестроении, авиастроении и машиностроении - ISMCA. 2018. – С.5.

4. В.Н. Чувильдеев, Н.Н. Вирясова, Деформация и разрушение конструкционных материалов: проблемы старения и ресурса – Нижний Новгород.: ННГУ, - 2010. – 67 с.

5. В. М. Фарбер, О. В. Селиванова, В. А. Хотинов, О. Н. Полухина, Деформационное старение в сталях: Учебное пособие: - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, - 2018. – 72с

6. И. В. Кудрявцев, Н. Е. Наумченко Усталость сварных конструкций – М.: Машиностроение, – 1976. – 270 с.

7. Н.И. Зенков, Строительные материалы и поведения их в условиях пожара. М.: ВИПТШ. – 1974. – 176С.

8. А.В. Васильченко, Т.М. Ковалевская, Огнестойкость стальной колонны при комбинированном воздействии «Взрыв-пожар». Изд.- Проблемы пожарной безопасности/ISSN 2304-6112, Сборник научных трудов. Выпуск 43, 2018. – С.6.

9. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов. Под общей редакцией А.П. Беленя. – М.: Стройиздат, 1986.– 560 с.

10. Научно-технический отчет. Комплексная реконструкция, реставрация и приспособление под современные музейные технологии главного здания Государственного музея изобразительных искусств имени А.С. Пушкина. (г. Москва, ул. Волхонка, д. 12)/том 2 – М.: НИИОСП им. Н.М. ГЕРСЕВАНОВА, - 2020. – 247 с.

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НОРМИРУЕМЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ ПОЖАРА

Крючков Геннадий Игоревич (dmuxa@bk.ru)

На основе обзора отечественной и зарубежной нормативных базы, по испытанию и расчету строительных конструкций на огнестойкость установлены нормируемые температурные режимы пожаров. Представлены для сравнения расчетные значения пределов огнестойкости стальных конструкций при стандартном пожаре и температурном режиме горения углеводородов. Предлагается проведение дальнейших исследований по гармонизации нормативных документов с учетом углеводородного, тоннельного и других нормируемых режимов пожара.

Ключевые слова: предел огнестойкости, средства огнезащиты, огнезащитные покрытия, углеводородный режим пожара, стандартный режим пожара.

FIRE RESISTANCE OF STEEL STRUCTURES AT RATED FIRE TEMPERATURES

Kryuchkov Gennady Igorevich (dmuxa@bk.ru)

On the basis of the review of domestic and foreign normative base, on the test and calculation of building structures for fire resistance the rated temperature conditions of fires are established. Presented for comparison the calculated values of fire resistance limits of steel structures in a standard fire and the temperature mode of hydrocarbon combustion. It is proposed to carry out further research on harmonization of normative documents taking into account hydrocarbon, tunnel and other normalized fire modes.

Keywords: fire resistance limit, fire protection means, flame retardant coatings, hydrocarbon fire regime, standard temperature range.

Потеря несущей способности стальных строительных конструкций происходит при значительно более высоких температурах, чем та, которую может выдержать человеческий организм. Поэтому наступление предельно допустимых показателей опасных факторов пожара в помещении происходит на более ранней стадии пожара, чем среднеобъемная температура, при которой происходит обрушение конструкций. На рисунке 1 показаны отличительные характеристики температурного режима реального пожара в помещении от стандартного. При реальном режиме в начальный момент времени можно установить 2 фазы: возгорания и развития, которые мало влияют на фактический предел

огнестойкости строительных конструкций. Поэтому нормируемые режимы пожара, которые приняты при оценке огнестойкости конструкций экспериментальным или расчетным методами учитывают только фазу развитого пожара, без фазы возгорания и затухания.

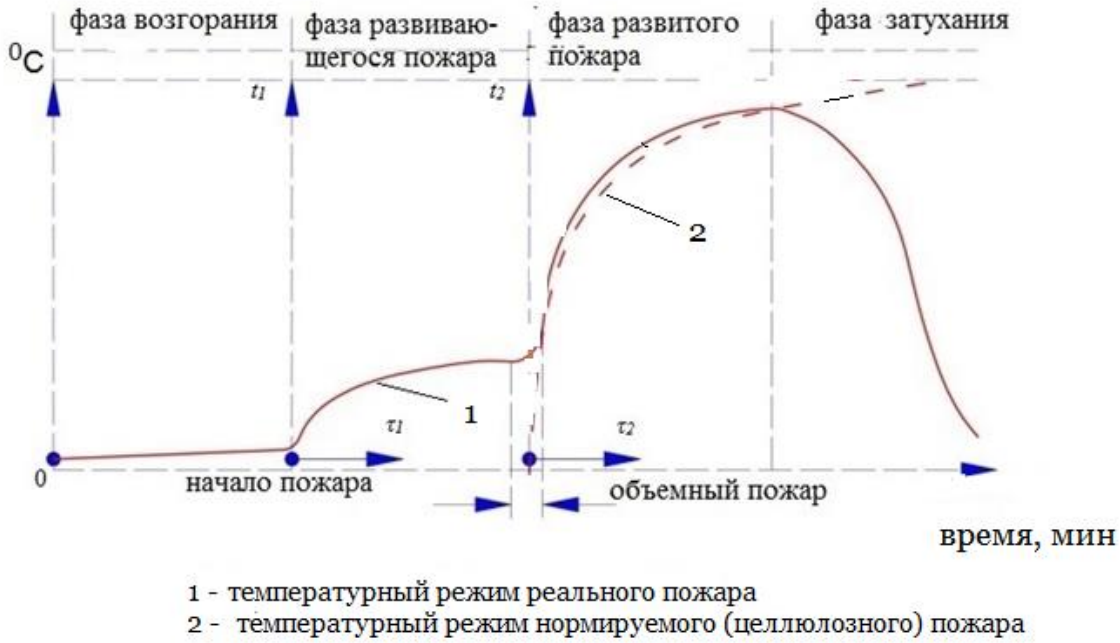


Рис. 1 - Фазы развития пожара в помещении

В результате многочисленных исследований температурных режимов реальных пожаров в жилых, общественных, административных зданиях, а также объектов нефтегазового комплекса и на основе отечественного и зарубежного опыта российские нормативные документы в области огнестойкости конструкций регламентируют стандартный (целлюлозный), наружный, углеводородный, медленно развивающийся (тлеющий) [1,2]. В зарубежных нормативных документах дополнительно выделяют температурно-временные кривые для пожаров, которые возникают в автодорожных туннелях глубокого заложения большой протяженности (см. рис. 2).

Стандартная температурная кривая горения была разработана Международной организацией по стандартизации (ISO) в 1960-х гг. и легла в основу методик испытаний строительных конструкций зданий на огнестойкость. В Российской Федерации методика регламентирована национальным стандартом ГОСТ 30247.0-94 (Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования).

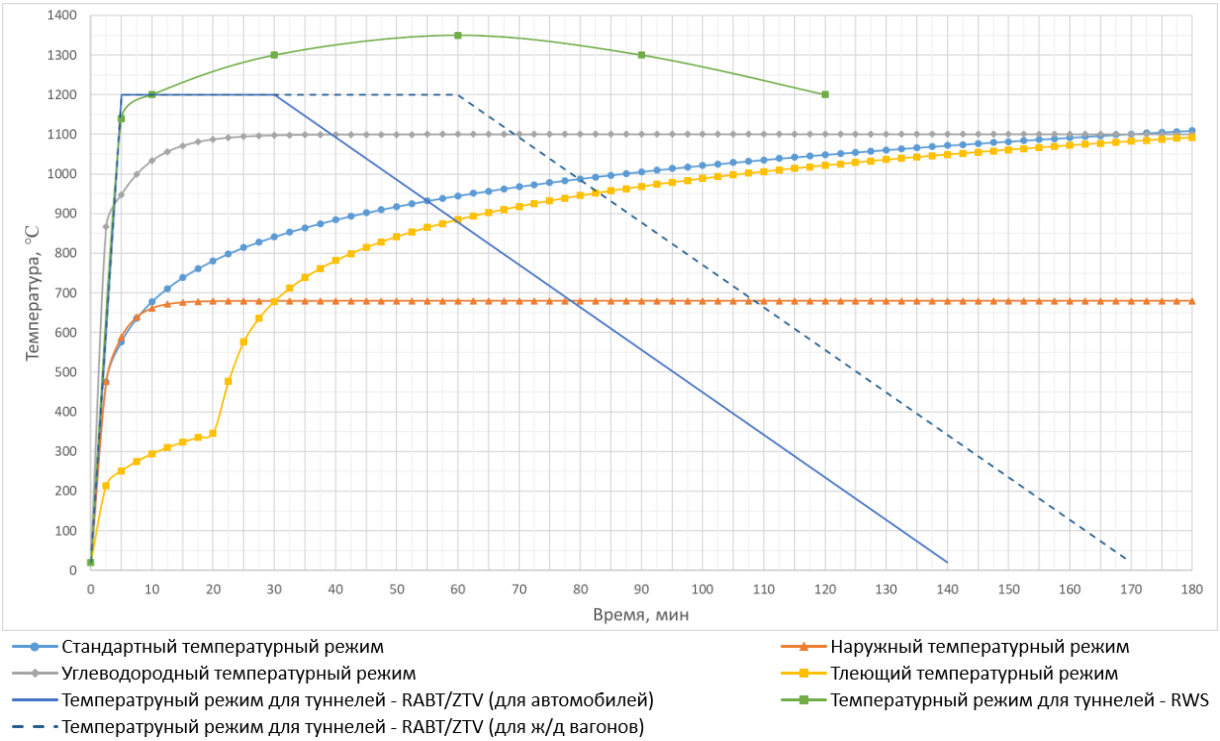


Рис. 2 - Нормируемые температурные режимы пожаров

Температурно-временная кривая описывается зависимостью:

$$t_{\text{в}} - t_{\text{н}} = 345 \cdot \lg(8\tau + 1), \qquad (1)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура в огневой камере, °С;

$t_{\text{н}}$ – начальная температура в огневой камере, °С;

τ – время, прошедшее с момента начала испытания, мин.

На сегодняшний день, по статистике, в России ежегодно происходит более 250 тыс. пожаров, наиболее крупные из них – пожары на объектах нефтегазовой отрасли. Если на таких объектах происходит возгорание нефтепродуктов, то необходимо понимать, что интенсивность горения и температуры будут значительно отличаться от «стандартного» температурного режима пожара [3]. Поэтому огневые испытания строительных конструкций, которые используются для объектов нефтегазовой промышленности, следует проводить при углеводородном температурном режиме.

С выходом ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 (Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные методы) установлены дополнительные методы испытаний конструкций на огнестойкость. Для углеводородного горения температурно-временная кривая в огневой камере задается следующей зависимостью:

$$t_в = 1080 \cdot (1 - 0{,}325e^{-0{,}167\tau} - 0{,}675e^{-2{,}5\tau}) + 20, \quad (2)$$

Требования по огнестойкости к наружным строительным конструкциям здания, которые могут быть подвержены воздействию внешнего пожара, распространяющегося от соседнего здания, устанавливаются при испытаниях наружным температурным режимом. Кривая данного режима выражается следующим уравнением:

$$t_в = 660 \cdot (1 - 0{,}687e^{-0{,}32\tau} - 0{,}313e^{-3{,}8\tau}) + 20, \quad (3)$$

Медленно развивающийся (тлеющий) температурный режим рекомендовано использовать при оценке огнезащитной эффективности вспучивающихся красок EN 13381 (Методы огневых испытаний стальных конструкций с огнезащитными вспучивающимися красками). Предел огнестойкости, определенный при испытаниях согласно стандартному температурному режиму, может значительно отличаться по сравнению с пределом огнестойкости, определенным в условиях медленно развивающегося температурного режима. В таких случаях при испытаниях в огневой камере задается температура, представленная на рисунке 1 и выраженная следующей зависимостью:

при $0 < \tau \leq 21$

$$t_в = 154 \cdot \tau^{0,25} + 20, \quad (4)$$

при $\tau > 21$

$$t_в = 345 \cdot log_{10}(8(\tau - 20) + 1) + 20, \quad (5)$$

Температурно-временная кривая RWS - Rijkswaterstaat – предложена в нормы ряда европейских стран исходя из того, что в автомобильном или железнодорожном туннеле происходит разлив и возгорание дизельного топлива, масла или бензина на площади 50 м^2 с суммарной пожарной нагрузкой в 300 МВт. Температура 1100 °С достигается всего через пять минут. Максимальное значение температуры наступает через 60 минут и составляет 1350 °С. Фаза охлаждения отсутствует, так как предполагается, что горючая нагрузка сгорает через 120 минут.

Строительные конструкций автодорожных туннелей в немецких нормах испытывают согласно «Руководству по оснащению и эксплуатации дорожных туннелей» RABT 2006 (Richtlinien für den Betrieb und die Ausstattung von Straβentunneln), а конструктивная противопожарная защита тоннелей проверяется по «Дополнительным техническим контрактным

условиям» ZTV-ING (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten). Температурная зависимость модели пожара RABT/ZTV была разработана на основе ряда крупномасштабных огневых испытаний в туннелях. Предполагается, что температура при таком режиме после 5 мин испытаний достигнет 1200 °С. Однако, продолжительность пожара при данной температуре не велика, снижение происходит уже на 30 минуте при моделировании пожара с участием автомобилей, и на 60 минуте – с участием железнодорожных вагонов. Таким образом, стадия снижения температуры с 1200 °С до начальной температуры для этих зависимостей длится 110 мин.

Для повышения предела огнестойкости строительных конструкций промышленных объектов и объектов инфраструктуры нефтегазового комплекса используют двухкомпонентные огнезащитные вспучивающиеся составы на основе эпоксидной смолы.

Огнезащитную эффективность этих покрытий определяют по сертифицированным методикам при стандартном температурном режиме. Но так как время прогрева стали до критической температуры при стандартном температурном режиме будет заниженным по сравнению с углеводородным режимом, то определение пределов огнестойкости строительных конструкций с огнезащитой данного вида необходимо проводить при температурном режиме горения углеводородов.

В качестве примера на рисунке 3 представлены для сравнения расчетные значения пределов огнестойкости стальных конструкций при стандартном пожаре и температурном режиме горения углеводородов при значениях $t_{кр}$ равных 450, 500, 550 и 600 °С. За предел огнестойкости конструкции принималось время нагревания, по истечении которого средняя температура стальной конструкции достигала критической величины. Пределы огнестойкости стальных незащищенных конструкций с приведенной толщиной металла 20 мм при стандартном температурном режиме пожара - R 26, при режиме горения углеводородов - R 13.

Пределы огнестойкости конструкций с огнезащитой гипсокартонными листами (ГКЛ) представлены на рисунках 4, 5, 6, 7. Из полученных графиков можно сделать вывод о том, что предел огнестойкости по потере несущей способности при углеводородном температурном режиме достигается на 35% быстрее чем при стандартном температурном режиме. Это говорит о том, что важно оценивать огнестойкость несущих конструкций с учетом специфики эксплуатации зданий и сооружений.

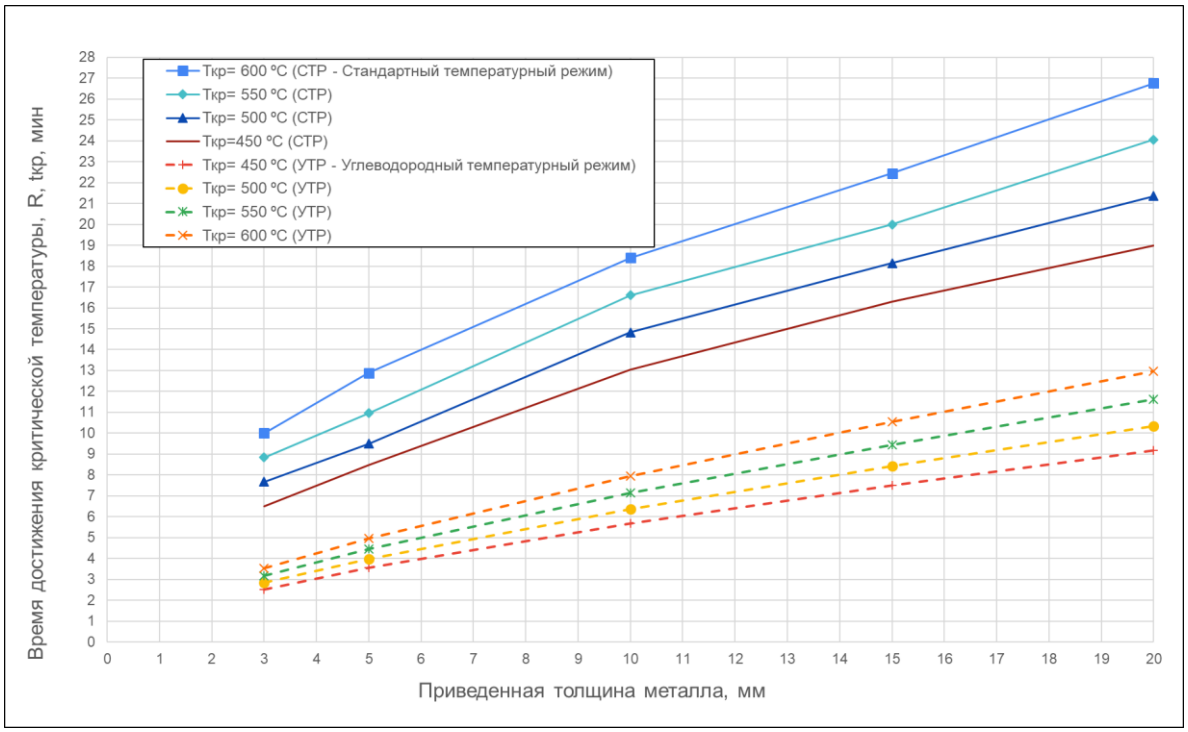


Рис. 3 - Огнестойкость стальных конструкций с приведенной толщиной стали 3 – 20 мм при $t_{кр}$ = 450 ºС, $t_{кр}$ = 500 ºС, $t_{кр}$ = 550 ºС, $t_{кр}$ = 600 ºС при «стандартном пожаре» и при температурном режиме горения углеводородов

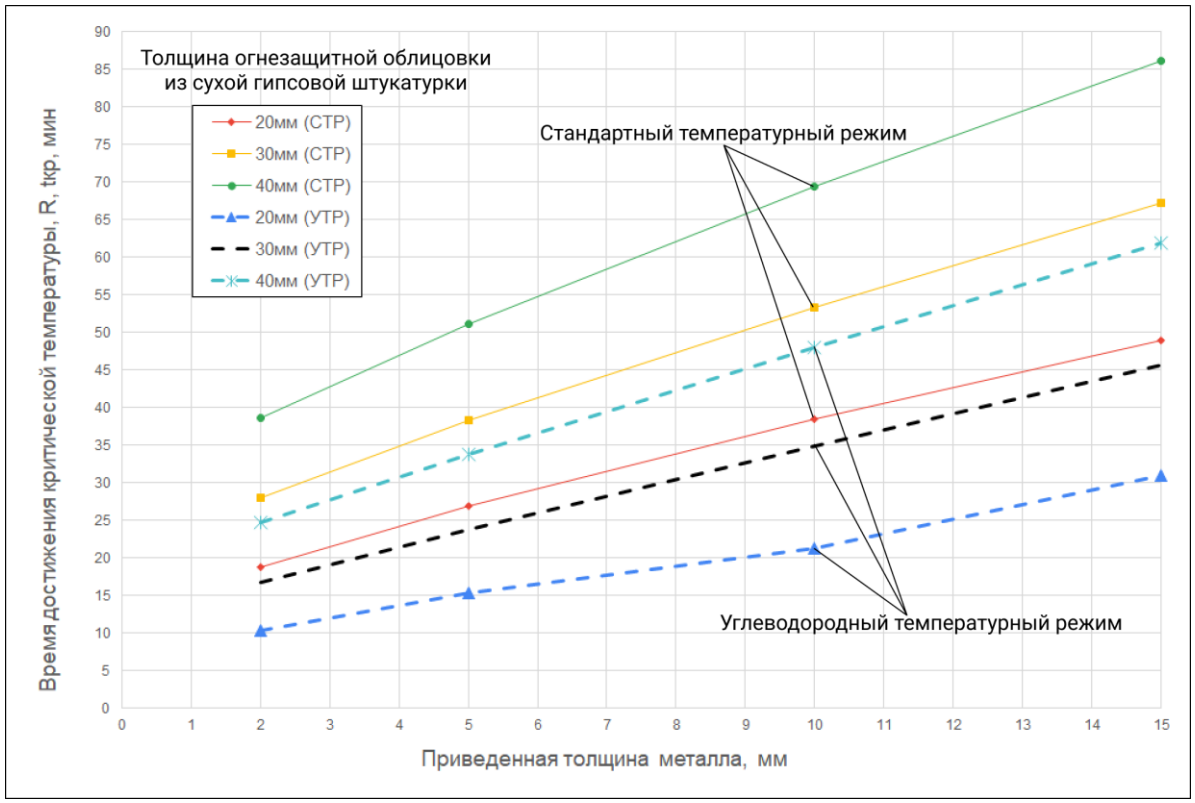


Рис. 4 - Огнестойкость стальных конструкций с приведенной толщиной стали 2 – 20 мм и огнезащитой гипсокартонными листами (ГКЛ) при $t_{кр}$ = 450 ºС, при «стандартном пожаре» и при температурном режиме горения углеводородов

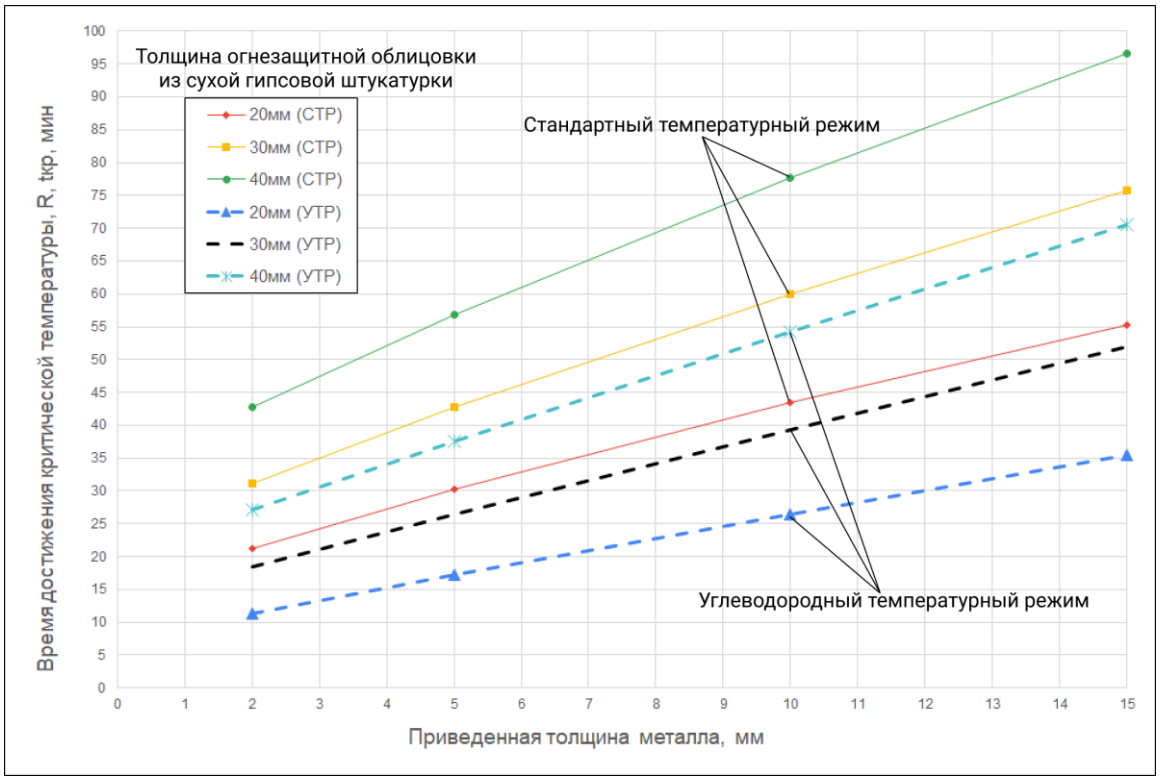


Рис. 5 - Огнестойкость стальных конструкций с приведенной толщиной стали 2 – 20 мм и огнезащитой гипсокартонными листами (ГКЛ) при $t_{кр}$= 500 ºС, при «стандартном пожаре» и при температурном режиме горения углеводородов

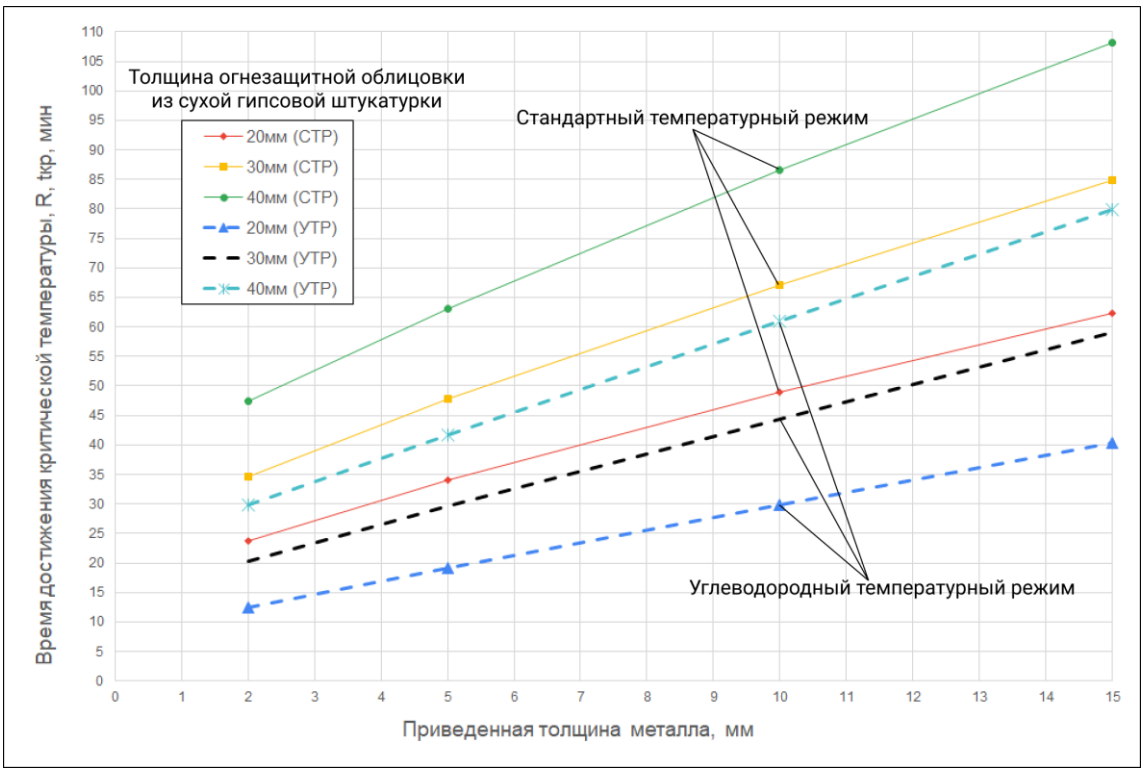


Рис. 6 - Огнестойкость стальных конструкций с приведенной толщиной стали 2 – 20 мм и огнезащитой гипсокартонными листами (ГКЛ) при $t_{кр}$= 550 ºС при «стандартном пожаре» и при температурном режиме горения углеводородов

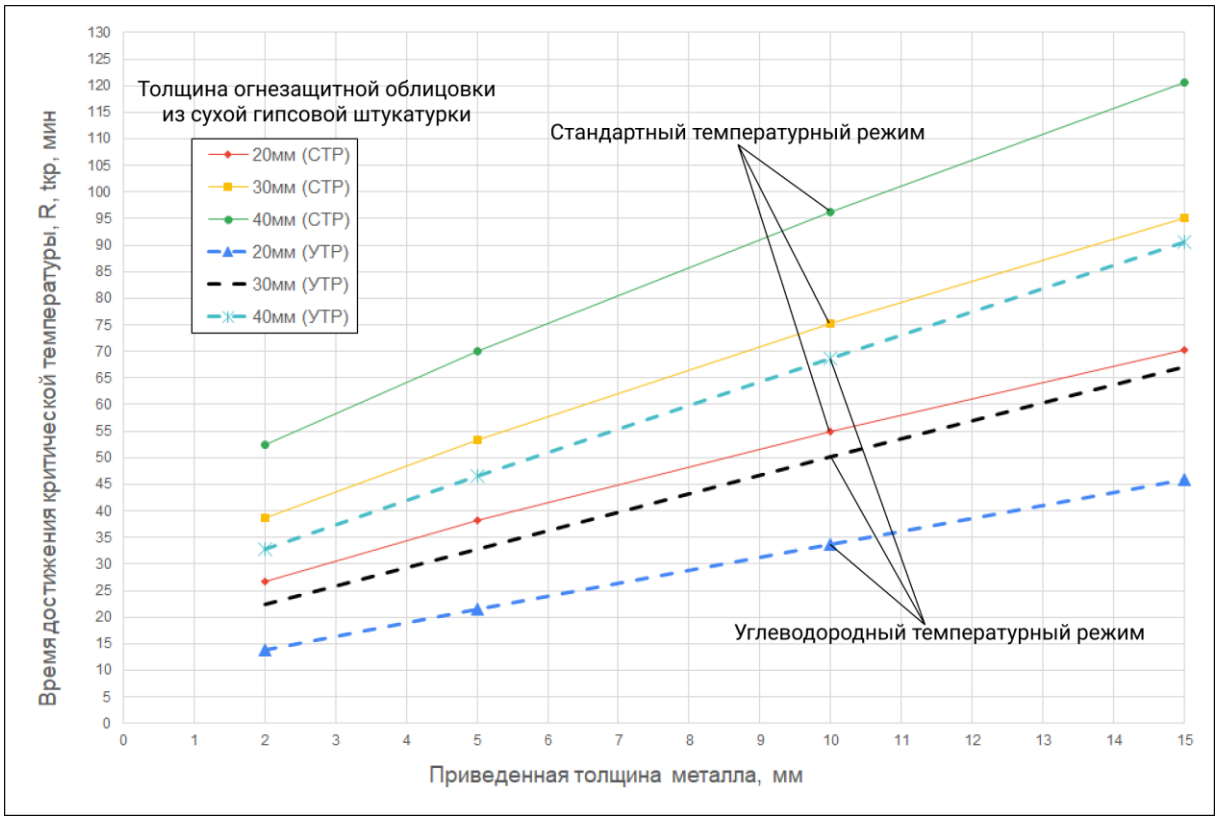


Рис. 7 - Огнестойкость стальных конструкций с приведенной толщиной стали 2 – 20 мм и огнезащитой гипсокартонными листами (ГКЛ) при $t_{кр}$= 600 ºС при «стандартном пожаре» и при температурном режиме горения углеводородов

В связи с вышеизложенным, следует признать, что для более надежной оценки огнестойкости несущих стальных конструкций и оценке огнезащитной эффективности покрытий следует использовать нормируемые температурные режимы, которые отвечают реальным условиям эксплуатации зданий и сооружений.

Литература

1. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. М. 1988. 143 С.

2. Голованов В.И., Пехотиков А.В., Павлов В.В., Шкутова Т.В., Брешина В.Н. Обеспечение нормируемой огнестойкости стальных конструкций основания резервуаров в условиях температурного режима углеводородного пожара// Пожарная безопасность. - 2018. - № 2.- С. 17-26.

3. Голованов В.И., Кузнецова Е.В. Эффективные средства огнезащиты для стальных и железобетонных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – №9 – С.82-90.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРИ МАССЫ ЖИДКОСТИ И ПОДВИЖНОСТИ ВОЗДУХА ПРИ ВЕНТИЛЯЦИИ РЕЗЕРВУАРА С ПОНТОНОМ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Степаненко Денис Александрович (denstepanenk@yandex.ru)

В статье представлены результаты исследований по потере массы жидкости при вентиляции экспериментального резервуара с понтоном различными способами.

Ключевые слова: резервуар с понтоном, вентиляция, потеря массы жидкости, легковоспламеняющиеся жидкости.

INVESTIGATION OF THE LOSS OF LIQUID MASS AND AIR MOBILITY DURING VENTILATION OF A TANK WITH A PONTOON IN VARIOUS WAYS.

Stepanenko Denis Aleksandrovich (denstepanenk@yandex.ru)

The article presents the results of studies on the loss of liquid mass during ventilation of an experimental tank with a pontoon in various ways.

Keywords: tank with pontoon, ventilation, loss of fluid mass, flammable liquids.

Одним из условий пожаровзрывобезопасности при проведении огневых работ на вертикальных резервуарах является отсутствие взрывоопасных концентраций нефтепродуктов в зонах их проведения. Для достижения этой цели зачастую используется принудительная вентиляция внутреннего пространства резервуара [1].

Сам процесс принудительной вентиляции представляет собой подачу сосредоточенного воздушного потока внутрь резервуара, в результате чего, происходит интенсификация конвективного массообмена остатков нефтепродуктов. Непосредственно конвективный массообмен представляет собой массообмен, обусловленный совместным действием конвективного переноса вещества (массы) и диффузии. Конвективный массообмен между движущейся средой и поверхностью ее раздела с другой средой (твердым телом, жидкостью или газом) называется массоотдачей [2].

Подготовка к ремонтным работам резервуара с понтоном является сложной технологической задачей. Вентиляция такого резервуара имеет свои особенности, так как наличие понтона разделяет внутреннее пространство резервуара на две области скопления паровоздушных концентраций – над- и подпонтонное пространства. В предыдущих

исследованиях посвященных вентиляции резервуаров с понтоном использовались традиционные способы подачи воздуха внутрь резервуаров. Принципиально отличались только схемы подачи [3]. Однако в недавних исследованиях был представлен новый «вихревой» способ подачи воздуха внутрь резервуара для его вентиляции, который показал значительно большую интенсивность испарения остатков нефтепродуктов из резервуара по сравнению с традиционными способами подачи [4]. Этот способ был использован только для вентиляции обычных РВС без понтона, что и послужило основание для проведения исследований этого способа на резервуаре с понтоном.

Была проведена серия опытов по исследованию потери массы различных жидкостей за определенный промежуток времени на экспериментальной установке, представляющей собой РВСП-5000 в масштабе 1:17 при применении инновационного «вихревого» способа подачи воздуха.

Для принудительной подачи воздуха внутрь объёма установки используется сконструированная система воздуховодов для подачи воздуха одновременно с обоих сторон установки (в 2 люк-лаза). Для подачи воздуха использовалась воздуходувка. Также имеется уменьшенная 1:17 модель понтона с шестью опорными стойками. Данная модель позволяет модифицировать экспериментальную установку с целью исследования процессов вентиляции внутреннего пространства резервуара с понтоном.

Исследуемой жидкостью (ЛВЖ) являлись гептан (C_7H_{16}), дизельное топливо, бензин АИ-100. Для определения и фиксации времени опытов используется таймер. Время проведения каждого из опытов составляло 30 минут. Количество разливаемой жидкости – 1000 мл. Фото и видео фиксация во время проведения опытов осуществлялась на камеру смартфона с необходимых ракурсов. Полученные результаты отражены на диаграммах снизу.

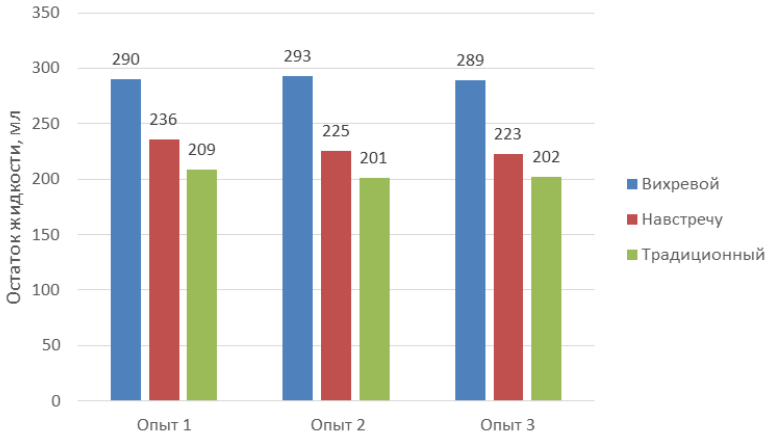


Диаграмма 1 – Потеря массы гептана (C_7H_{16}) при различных способах подачи воздуха

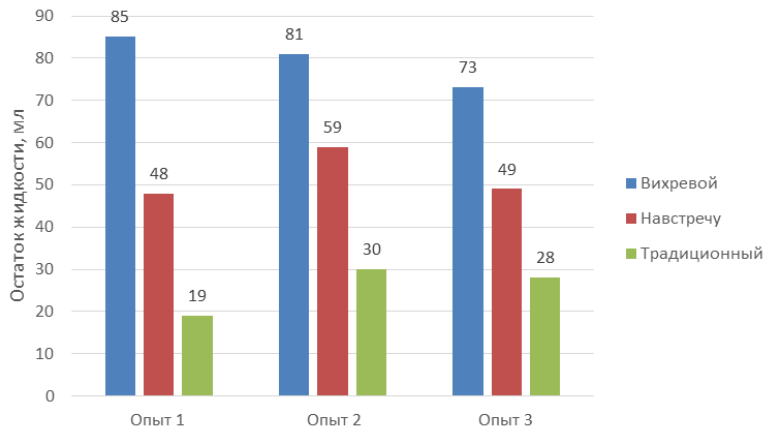


Диаграмма 2 – Потеря массы бензина АИ-100 при различных способах подачи воздуха

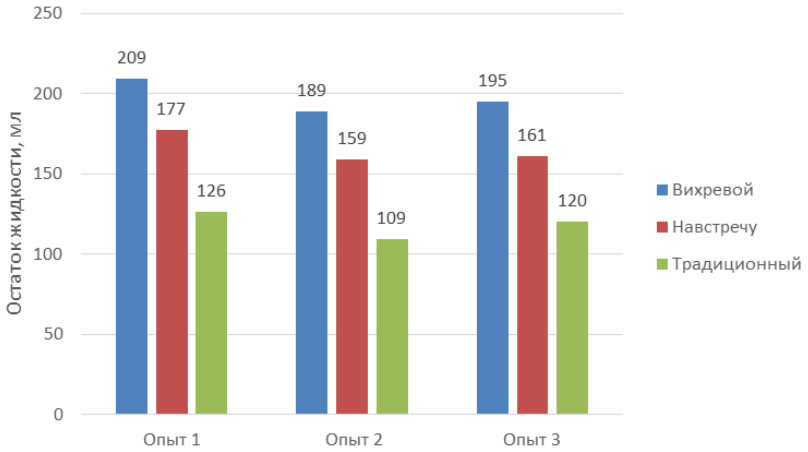


Диаграмма 3 – Потеря массы дизельного топлива (ДТ) при различных способах подачи воздуха

Согласно полученным результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что при применении «вихревого» способа подачи воздуха на резервуаре с понтоном потеря массы жидкости выше, чем при применении остальных способов вентиляции. Вероятнее всего это связано с наибольшей подвижностью воздуха в подпонтонном пространстве при применении данного способа.

Для изучения подвижности в под- и надпонтонном пространстве при вентиляции резервуара с понтоном, была проведена серия опытов по измерению скоростей воздушного потока при вентиляции экспериментального резервуара с понтоном различными способами.

Внутреннее пространство резервуара было условно разделено на 3 пояса измерений: нижний, средний и верхний. В каждом из поясов измерение производились в 17-ти точках, которые изображены на рисунке

1. Измерения производились с помощью термоанемометра ТКА-ПКМ. Измерительное оборудование было поверено и отвечало необходимым требованиям.

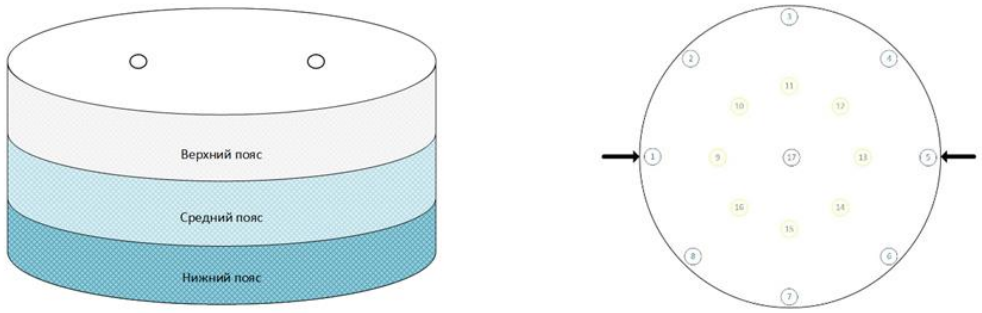


Рис. 1 – Пояса и точки измерения подвижности воздуха при вентиляции экспериментального резервуара с понтоном

Средние значения результатов измерений подвижности воздуха в 3-х поясах представлены на диаграмме 4.

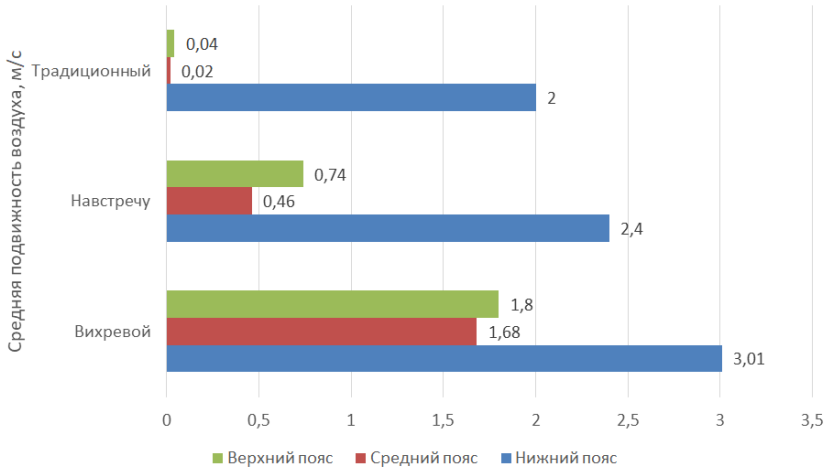


Диаграмма 4 – Средняя подвижность воздуха в 3-х поясах экспериментального резервуара с понтоном

В результате проведенных опытов по измерению потери массы различных жидкостей, а также по подвижности воздуха, можно сделать вывод о том, что применение «вихревого» способа подачи воздуха показывает большую эффективность, чем применение других способов вентиляции.

Литература

1. Степаненко Д.А. Способы обеспечения пожаровзрывобезопасности при дегазации резервуара с понтоном. // Системы безопасности – 2019. Материалы 28-й

международной научно- практической конференции. 28.11.2019 г.; Москва; АГПС МЧС РФ; с. 191-195.

2. Большая энциклопедия нефти и газа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ngpedia.ru/howto.html, свободный – (12.03.2021).

3. Волков О.М., Рубцов В.В., Назаров В.П., Шухатович А.Д., Сонечкин В.М. Промышленные испытания по подготовке резервуара РВС – 5000 к огневым ремонтным работам методом вентилирования. Труды ВИПТШ МВД СССР, М., 1980, - 42 – 46 с.

4. Назаров В.П., Киршев А. А. Повышение эффективности вентиляции резервуаров с нефтепродуктами // Пожаровзрывобезопасность 2014. – №. 7. – С. 52-57.

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ХЛАДАГЕНТА ГФО-1243

Елтышев Илья Павлович (ilin-007@mail.ru),
Бегишев Ильдар Рафатович (begishevir@mail.ru)

В работе определены показатели пожаровзрывоопасности хладагента ГФО-1243 (C3F3H3 – трифторпропен). Для газовоздушных смесей трифторпропена на установке «Вариант» экспериментально установлены концентрационные пределы распространения пламени, максимальное значение давления взрыва и максимальное значение скорости нарастания давления взрыва. Проведены расчеты температуры взрыва, нормальной скорости распространения пламени и теплоты сгорания вещества. Сделан вывод, что ГФО-1243 относится к классу А2 пожарной опасности для хладагентов. На основе полученных в работе данных предложено использовать трифторпропен в качестве самостоятельного хладагента, а также в составе смесевых продуктов

Ключевые слова: хладагент, трифторпропен, показатели пожаровзрывоопасности, альтернативные хладагенты.

FIRE AND EXPLOSION HAZARD OF THE REFRIGERANT HFO-1243

Yeltyshev Ilya Pavlovich (ilin-007@mail.ru),
Begishev Ildar Rafatovich (begishevir@mail.ru)

In this paper, the fire and explosion hazard indicators of the refrigerant HFO-1243 (C3F3H3 – trifluoropropene) are determined. For gas-air mixtures of trifluoropropene, the concentration limits of flame propagation, the maximum value of the explosion pressure and the maximum value of the rate of increase of the explosion pressure were experimentally established at the "Variant" installation. Calculations of the explosion temperature, the normal flame propagation velocity, and the heat of combustion of the substance are carried out. It is

concluded that HFO-1243 belongs to the class A2 fire hazard for refrigerants. Based on the data obtained in the work, it is proposed to use trifluoropropene as an independent refrigerant, as well as in the composition of mixed products.

Keywords: refrigerant, trifluoropropene, fire and explosion hazard indicators, alternative refrigerant.

В соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 333 "О принятии Российской Федерацией поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой" [1], ряд хладонов, применяемых в качестве хладоносителей, попадает под государственное регулирование. Это означает, что потребление гидрофторуглеродов должно сократиться на 85% к 2036 году. В связи с этим потребители должны перейти на альтернативные хладагенты.

В качестве альтернативных хладагентов стали использовать вещества природного происхождения (углеводороды – пропан, бутан, изобутан), а также некоторые гидрофторолефины (ГФО), например, ГФО-1233zd(E) и ГФО-1234yf. Все они способны к самостоятельному горению. Важность учета этого фактора при применении подобных продуктов в холодильной технике показана в [2].

В настоящей работе будет рассмотрен перспективный альтернативный хладагент ГФО-1243 ($C_3F_3H_3$ – трифторпропен). Он экологически безопасен, и по своим термодинамическим параметрам он удовлетворяет требованиям, предъявляемым к хладагентам, однако показатели его пожаровзрывобезопасности неизвестны. В связи с этим вопрос о его безопасном применении остается не решенным. Данная работа посвящена определению показателей пожаровзрывоопасности ГФО-1243.

Как уже отмечалось, показатели пожаровзрывоопасности трифторпропена ($C_3F_3H_3$, ГФО-1243) неизвестны. В целях определения его параметров пожаровзрывоопасности на установке «Вариант», подробное описание которой приведено в [3], были проведены эксперименты по определению концентрационных пределов распространения пламени смеси трифторпропен – воздух при атмосферном начальном давлении, максимального давления взрыва ΔP_{max} и максимальной скорости нарастания давления взрыва $(dP/dt)_{max}$ в этой смеси.

Как следует из представленных в Таблице 1 данных, концентрационные пределы распространения пламени в смеси $C_3F_3H_3$ – воздух составляют 2,5 % об. – 14,5 % об.

Таблица 1 – Определение концентрационных пределов распространения пламени в смеси трифторпропен – воздух

№ п/п	$C_3F_3H_3$, % об.	воздух, % об.	результат
1	2,0	98,0	Смесь не горит
2	3,0	97,0	Смесь горит
3	6,0	94,0	Смесь горит
4	9,0	91,0	Смесь горит
5	10,0	90,0	Смесь горит
6	11,0	89,0	Смесь горит
7	14,0	86,0	Смесь горит
8	15,0	85,0	Смесь не горит

На рис. 1, 2 показаны зависимости ΔP_{max} и $(dP/dt)_{max}$ от концентрации $C_3F_3H_3$ в смеси с воздухом, из которых следует, что максимальное давление взрыва смеси трифторпропена с воздухом составляет 712 кПа, а максимальная скорость нарастания давления взрыва – 98,0 кПа/с.

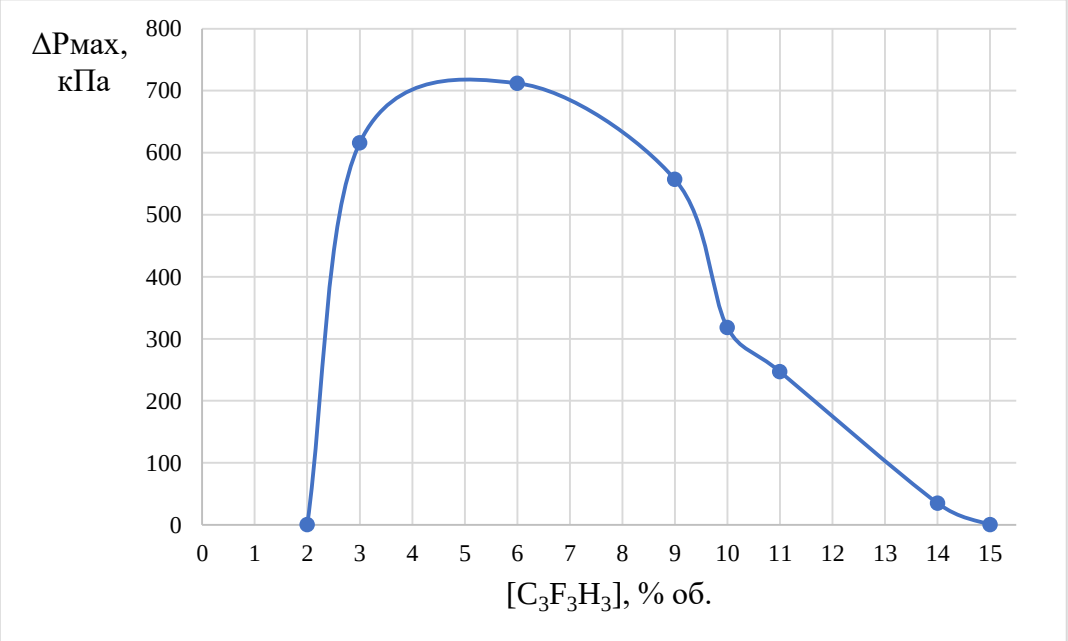


Рис. 1 – Зависимость максимального давления взрыва смеси $C_3F_3H_3$/воздух от концентрации $C_3F_3H_3$ в % об.

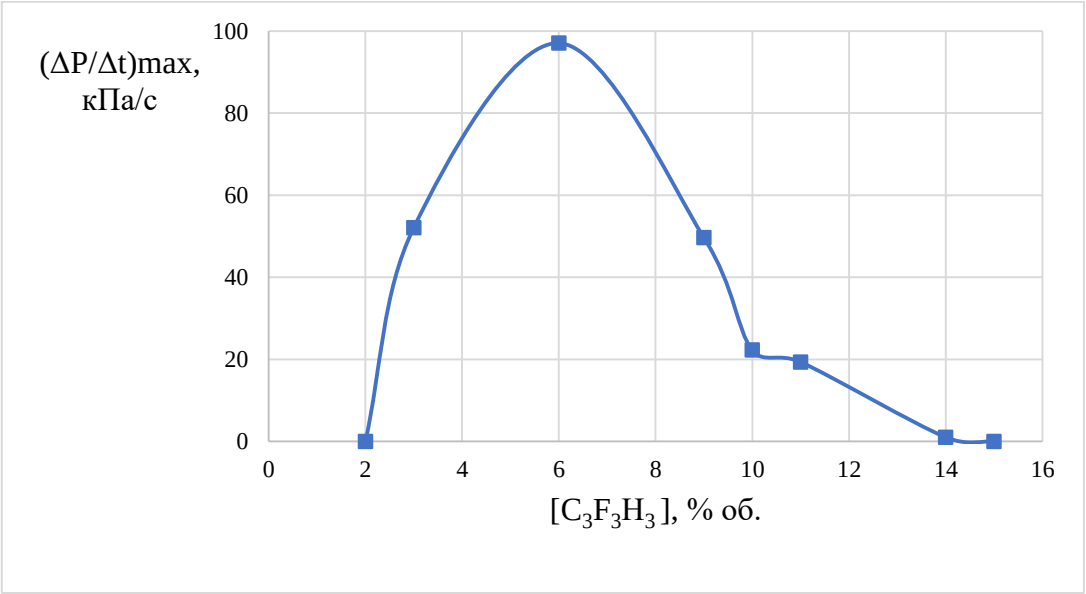


Рис. 2 – Зависимость скорости нарастания давления взрыва смеси $C_3F_3H_3$/воздух от концентрации $C_3F_3H_3$ в % об.

Проведем расчет адиабатической температуры горения $C_3F_3H_3$ согласно [4,5].

Формула для расчета адиабатической температуры горения $T_{ад}$ имеет вид:

$$T_{ад} = \frac{P_{max} \cdot T_н \cdot \sum m_{jн}}{P_н \cdot \sum m_{jк}}. \quad (1)$$

Значения $\sum m_{jн}$ и $\sum m_{jк}$ определяются по уравнению записанной в общем виде химической реакции горения для горючего, состоящего из атомов C, H, X (X – атом галогена):

$$C_{m_C} H_{m_H} X_{m_X} + \beta O_2 + 3{,}84\beta N_2 = \\ = m_C CO_2 + m_X HX + 0{,}5(m_H - m_X) H_2O + 3{,}84\beta N_2, \quad (2)$$

коэффициент β определяется по формуле

$$\beta = m_C + 0{,}25(m_H - m_X). \quad (3)$$

По формуле (3) получаем, что для трифторпропена β=3 и, согласно (2), уравнение химической реакции его горения в воздухе имеет вид

$$C_3F_3H_3 + 3O_2 + 11{,}52N_2 = 3CO_2 + 3HF + 11{,}52N_2. \quad (4)$$

Тогда $\sum m_{jн}$=15,52 моль, $\sum m_{jк}$=17,52 моль. Подставив, полученные $\sum m_{jн}$ и $\sum m_{jк}$, экспериментально полученную величину максимального давления взрыва для трифторпропена P_{max}=813 кПа, а также значения

$P_н$=101 кПа, $T_н$=293 К в формулу (1), получим, что адиабатическая температура горения стехиометрической смеси $C_3F_3H_3$ с воздухом при постоянном объеме $T_{ад}$ = 2089 К.

Согласно [4, 5], максимальная нормальная скорость горения S_u для органических веществ рассчитывается по формуле:

$$\lg S_u = 4{,}958 - \frac{7560}{T_{ад}} \quad (5)$$

Подставляя рассчитанное значение $T_{ад}$ для трифторпропена в формулу (5), получаем, что для горения $C_3F_3H_3$ в смеси с воздухом при атмосферном начальном давлении величина S_u =21,8 см/с, то есть пламя распространяется по смеси с достаточно высокой скоростью, лишь вдвое ниже нормальной скорости распространения пламени по углеводородовоздушным смесям.

Согласно [4,5], удельная теплота сгорания вещества находится по формуле:

$$H_г^0 = \Delta H_f^0 + m_C H_{C(графит)}^0 + 0{,}5 m_H H_{H_2}^0 + 0{,}5 m_X H_{X_2}^0 , \quad (6)$$

где ΔH_f^0 - стандартная теплота образования горючего вещества, вычисляемая по формуле:

$$\Delta H_f^0 = \sum_j \Delta\left(\Delta H_f^0\right)_j n_j, \quad (7)$$

n_j – число связей j-го типа в молекуле соединения, $\Delta\left(\Delta H_f^0\right)_j$ - аддитивный вклад связи j-го типа в энтальпию образования химического соединения при температуре Т=298 К, определяемый по табл. 23 [4].

Отсюда получаем, что для $C_3F_3H_3$ стандартная теплота образования ΔH_f^0= -534,57 кДж/моль, а его теплота сгорания равна $H_г^0$=1452,52 кДж/моль, или 15,13 кДж/г.

Таким образом, исходя из значений максимальной нормальной скорости и удельной теплоты сгорания, трифторпропен как хладагент согласно стандарту [6] относится к классу А2. Соответственно, исходя из полученных данных показателей пожаровзрывоопасности ГФО-1243, можно полагать, что использовать ГФО-1243 как самостоятельный хладагент возможно, но для его применения необходимо будет увеличить затраты на пожаровзрывобезопасность установок, где он будет применяться. Для снижения затрат на обеспечение пожаровзрывобезопасности необходимо создать негорючую смесевую композицию на основе ГФО-1243 и ингибитора горения, например,

перфторизогексена C_6F_{12}. Так как перфторизогексен является веществом с коротким временем жизни в атмосфере [7], он не попадает под действие Постановления Правительства РФ [1]. Создание такой смесевой композиции позволит решить проблемы как экологической, так и пожарной безопасности.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 25 марта 2020 г. № 333 "О принятии Российской Федерацией поправки к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой", - https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73706908/#review (посещение сайта 02.03.2021).

2. Kopylov S.N., Kopylov P.S., Eltyshev I.P. Fire Safety of 1, 2 and 2L Refrigerants: Myths and Reality – IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2019, v. 272, 7 p.

3. Kopylov S.N., Kopylov P.S., Eltyshev I.P., Gubina T.V. Characteristics of the Development of a Chain Thermal Explosion when Burning Gas Mixtures under Atmospheric Pressure – Russian Journal of Physical Chemistry B, 2020, v. 14, pp. 587 – 591.

4. Расчет основных показателей веществ и материалов (Руководство) – М.: ВНИИПО, 1985, 93 с.

5. Шебеко Ю.Н., В.Ю. Навценя, С.Н. Копылов и др. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: руководство. – М.: ВНИИПО, 2002, 77 с.

6. ANSI/ASHRAE Standard 34-2016, *Designation and SafetyClassification of Refrigerants* https://www.ashrae.org/search?q=standard%2034 (посещение сайта 03.03.2021).

7. Копылов П.С. Газовые огнетушащие составы с коротким временем жизни в атмосфере. Выпускная квалификационная работа – магистерская диссертация. – М.: АГПС, 2020, 109 с.

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Столяров Даниил Владимирович (sdv-270401@mail.ru),
Михайлов Кирилл Андреевич (mihkir.94@mail.ru),
Шапошник Данило Степанович (dan12007@yandex.ru),
Мокшанцев Александр Владимирович (mok-av@yandex.ru)

В статье рассмотрен метод тушения возгораний с применением статического электрического поля и физическая сущность процессов, протекающих при воздействии статического электрического поля на диффузионный факел пламени. Представлены

результаты теоретического и экспериментального исследований по оценке параметров и показателей эффективности применения данного метода.

Ключевые слова: статическое электрическое поле, модельный очаг пожара, напряженность электрического поля, время тушения, электродная система.

JUSTIFICATION OF THE POSSIBILITY OF USING A STATIC ELECTRIC FIELD TO EXTINGUISH FIRES OF SOLID COMBUSTIBLE SUBSTANCES AND MATERIALS

Stolyarov Daniil Vladimirovich (sdv-270401@mail.ru),
Mikhaylov Kirill Andreyevich (mihkir.94@mail.ru),
Shaposhnik Danilo Stepanovich (dan12007@yandex.ru),
Mokshantsev Aleksandr Vladimirovich (mok-av@yandex.ru)

The article deals with the method of extinguishing fires using a static electric field and the physical nature of the processes occurring under the influence of a static electric field on a diffusion flame torch. The results of theoretical and experimental studies on the evaluation of the parameters and indicators of the effectiveness of this method are presented.

Keywords: Static electric field, model fire source, electric field streng, fire extinguishing time, electrode system.

Введение

Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности (ПБ), являющейся совокупностью сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре [1].

Одним из основных факторов, влияющих на состояние системы обеспечения ПБ, является уровень научно-технического и информационного обеспечения ПБ, в том числе уровень инновационной деятельности. В целях обеспечения ПБ проводятся мероприятия, включающие разработку и внедрение современных средств и технологий обеспечения ПБ, координацию осуществления основных научных исследований и разработок [2].

Актуальной задачей является не только совершенствование существующих систем пожаротушения, но и разработка новых систем, в основу действия которых положены не применявшиеся ранее подходы. Данные подходы базируются как на известных ранее физических и

химических методах тушения пожаров, так и на методах, исследуемых и изучаемых в настоящее время.

Одной из перспективных технологий тушения пожаров является метод тушения возгораний с применением статического электрического поля. Данный метод позволяет производить тушение различных классов пожаров без применения подаваемых извне огнетушащих веществ. При этом значения величин расчетного и фактического параметров тушения могут быть ограничены только пространственной конфигурацией внешнего приложенного статического электрического поля.

Физическая сущность метода тушения пожаров с применением статического электрического поля

В основе метода тушения возгораний с применением статического электрического поля лежат физические явления и процессы поляризации, рекомбинации и движения носителей электрических зарядов в факеле пламени, возникающие вследствие воздействия на них электрической составляющей силы Лоренца $\overrightarrow{F_л}$. Известно, что пламя представляет собой низкоэнергетическую квазинейтральную плазму, и, как любой вид плазмы, является смесью ионизированных газов [3]. В целом, факел пламени является электронейтральным, т.е. объемные плотности положительных и отрицательных электрических зарядов по модулю приблизительно равны: $\left|\rho^{+}\right| \approx \left|\rho^{-}\right|$[4].

При внесении источника статического электрического поля в область факела пламени, наблюдается эффект движения отрицательно и положительно заряженных частиц (носителей зарядов) к источникам поля, т.е. разноименно заряженным электродам, тем самым разрывается течение цепных химических реакций, в результате чего пламя гаснет.

Количественным показателем эффективности тушения очага возгорания является величина времени тушения - τ_T. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований предполагается, что время тушения τ_T и напряженность электрического поля E есть величины пропорциональные: $\tau_T \propto \frac{1}{E}$; т.е. с возрастанием напряженности электрического поля время тушения убывает.

Эмпирическая оценка эффективности тушения также может быть дана при измерении угла отклонения α факела пламени от его вертикальной оси вследствие воздействия статического электрического поля (рисунок 1). При этом если $\alpha \to \frac{\pi}{2}$, то эффект тушения будет выражен наиболее явно, время тушения будет иметь минимальное значение. Если

же $\alpha \in \left[0;\frac{\pi}{6}\right]$, то эффект тушения выражен слабо, или не будет наблюдаться совсем. В основе данного явления лежит эффект изменения угла облучения горючего материала тепловыми потоками факела пламени, и при значении угла отклонения факела пламени в пределах $\alpha \in \left[0;\frac{\pi}{6}\right]$ угол облучения имеет максимальное значение, следовательно, в процесс горения будут вовлечены еще не горящие материалы.

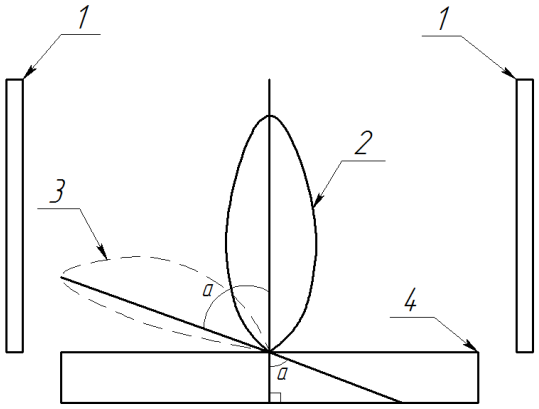


Рис. 1 – Угол отклонения факела пламени от вертикальной оси:
1 – электродная система; 2 – стационарное положение факела пламени;
3 – установившееся положение отклонения факела пламени от вертикальной оси при воздействии статическим электрическим полем;
4 – поверхность горючего материала

При осуществлении процесса тушения воздействие статическим электрическим полем производится на первичную реакционную зону ламинарного факела пламени. Связанно это с тем, что при относительной малой высоте h_1 первичной реакционной зоны (в сравнении, как с высотой всего факела пламени, так и с высотами других его зон: зоны внутреннего конуса и вторичной реакционной зоны), она обладает наименьшим активным электрическим сопротивлением R_1 [5]. В первичной реакционной зоне осуществляется пиролиз и перемешивание продуктов пиролиза с окислителем. Учет данных факторов позволяет значительно уменьшить геометрические размеры электродной системы, а также, уменьшить значение межэлектродного напряжения $U_э$.

Результаты лабораторного экспериментального исследования по тушению модельных очагов пожаров статическим электрическим полем

Целью лабораторного экспериментального исследования является определение параметров и оценка эффективности метода тушения пожаров

с применением статического электрического поля при тушении твердых горючих веществ и материалов.

Выбор и подготовка лабораторного оборудования и модельных очагов пожаров класса А производится в соответствии с требованиями, установленными в Приложении «В» ГОСТ Р 51057-2001 «Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний».

Модельный очаг пожара (МОП) представляет собой деревянный штабель в виде куба. Штабель размещается на твердой опоре (например, на двух стальных уголках, установленных на бетонных блоках) таким образом, чтобы расстояние от основания штабеля до опорной поверхности (пол или земля) составляло (400±10) *мм*. В качестве горючего материала используется брус хвойных пород не ниже третьего сорта сечением (40±1) *мм*. Влажность пиломатериала составляет от 10 до 20 % [6].

В данном экспериментальном исследовании производится тушение МОП класса 0,1 А. Для пропитки и последующего воспламенения деревянных брусов применяется автомобильный бензин летнего вида АИ-92.

По завершении формирования МОП класса А производится его воспламенение. По установлению устойчивого горения включаем устройство для тушения возгораний с применением статического электрического поля, на электродную систему подается электрическое напряжение. При этом тушение производится на 1 фазе (стадии) развития горения и на 2 фазе (стадии) соответственно (рисунок 2).

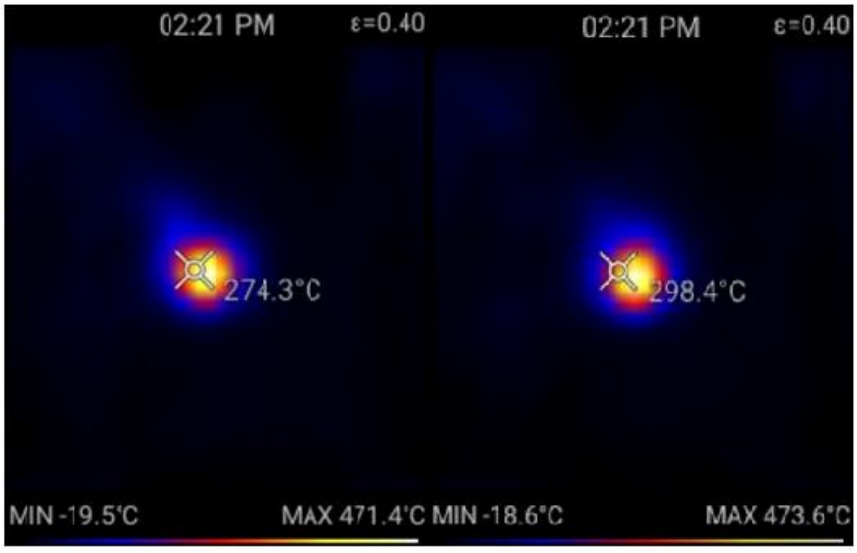


Рис. 2 – Горение модельного очага пожара класса 0,1 А в 1 и 2 фазах (стадиях) соответственно. Фотография в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра

На рисунке 3 представлены полученные результаты тушения МОП класса 0,1 А на 1 и 2 фазах (стадиях) развития горения методом воздействия статического электрического поля на факел пламени.



Рис. 3 – Результат тушения модельного очага пожара класса 0,1 А на 1 и 2 фазах (стадиях) развития горения соответственно

Процесс тушения характеризовался относительно быстрым убыванием площади горения МОП, отклонением факела пламени по направлению к отрицательно заряженному электроду, относительно быстрым убыванием среднеобъемной температуры горючего материала. По завершении процесса тушения на 1 фазе (стадии) развития горения 20 % горючего вещества (по площади) имели поражения, связанные с термическим разрушением древесины. Величина времени тушения МОП составила: $\tau_T = 25$ *с*. По завершении процесса тушения на 2 фазе (стадии) развития горения 70 % горючего вещества (по площади) имели поражения, связанные с термическим разрушением древесины. Величина времени тушения МОП составила: $\tau_T = 158$ *с*. Величина напряженности внешнего приложенного электрического поля в каждом эксперименте составила: $E = 155$ *кВ/м*.

По результатам измерения и вычислений количественных параметров и физических величин, характеризующих эффективность метода тушения возгораний с применением статического электрического поля, построен (в общем виде) график зависимости времени тушения очага возгорания τ_m от напряженности электрического поля E, формируемого электродными системами (рисунок 4).

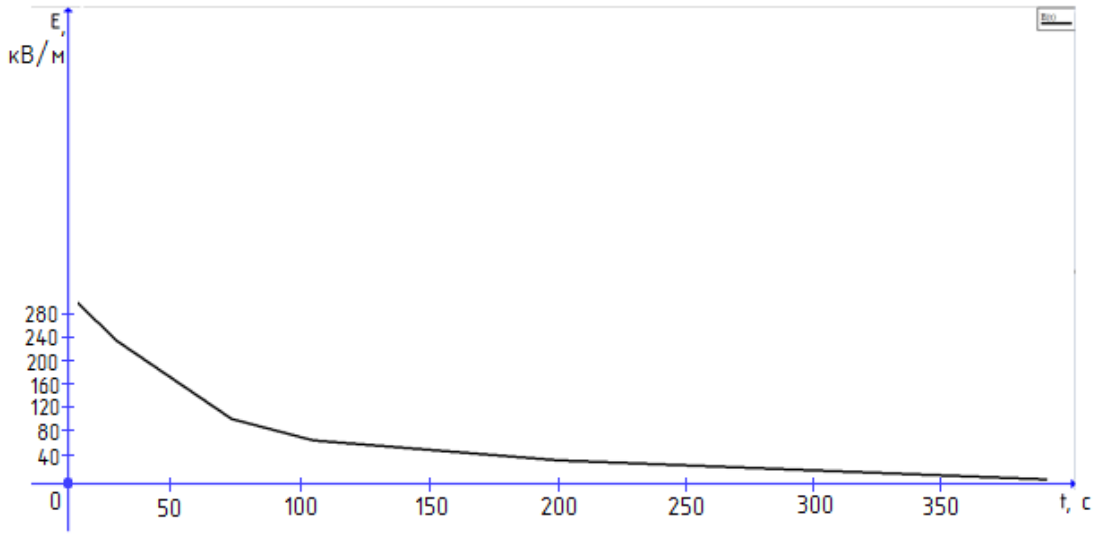


Рис. 4 – График зависимости $E(t)$

В соответствии с результатами экспериментального исследования по тушению МОП класса А методом воздействия статического электрического поля на факел пламени, были подтверждены гипотетические предположения о влиянии термодинамических параметров процесса горения и электрических параметров экспериментальной установки на условия процесса тушения. Действительно, с увеличением напряженности статического электрического поля время тушения убывает, как следует из рисунка 4; при этом воздействие статическим электрическим полем осуществлялось на область факела пламени, соответствующей области его первичной реакционной зоны. Кроме того, при отклонении факела пламени от его вертикальной оси, если угол отклонения $\alpha \to \frac{\pi}{2}$, то процесс тушения протекал за относительно малый период времени.

Результаты теоретического и экспериментального исследований по тушению твердых горючих веществ и материалов статическим электрическим полем предопределяют необходимость выполнения дальнейших исследований, которые включают следующие направления:

1. Теоретические и экспериментальные исследования по тушению жидких и газообразных горючих веществ статическим электрическим полем.
2. Исследование параметров электробезопасности метода тушения пожаров с применением статического электрического поля.
3. Исследование схемы построения узлов установок электростатического пожаротушения, выбор оптимального схемотехнического решения.

Применение метода тушения пожаров статическим электрическим полем в практике Государственной противопожарной службы МЧС России будет обеспечено результатами теоретических и экспериментальных исследований, а также всесторонней практической апробацией данного метода.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] / Федеральный закон от 28.07.2008 № 123. URL: http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N123-FZ/ (дата обраще-ния: 20.02.2021).

2. Указ Президента РФ от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года» [Электронный ресурс] / http://www. http://docs.cntd.ru/document/556185311 / (дата обращения 20.02.2021).

3. Шаклеин А.А. Исследование моделей ламинарного диффузи-онного горения // Химическая физика и мезоскопия. 2015. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-modeley-laminarnogo-diffuzionno go-goreniya (дата обращения: 20.02.2021).

4. Столяров Д.В. Тушение модельных очагов пожаров класса А, В, С электромагнитным полем / Д.В. Столяров, Т.И. Королева, М.А. Бодров // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2019 – № 6(25). С. 133 – 141.

5. Баранов М.И. Экспериментальное определение активного сопротивления и электропроводности сильноточного плазменного канала в разрядной цепи генератора импульсной компоненты тока искусственной молнии / М.И. Баранов, Г.М. Колиушко, В.О. Лысенко // EiE. 2011. № 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnoe-opredelenie-aktivnogo-soprotivleniya-i-elektroprovodnosti-silnotochnogo-plazmennogo-kanala-v-raz ryadnoy-tsepi (дата обращения: 20.02.2021).

6. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51057-2001 «Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний» (принят постановлением Госстандарта РФ от 25 октября 2001 г. № 435-ст).

ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ОГНЕЗАЩИТЫ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Мельдер Егор Владимирович (gokamel@yandex.ru),
Сивенков Андрей Борисович (sivenkov01@mail.ru)

В статье рассмотрены достоинства и недостатки стальных строительных конструкций. Представлены наиболее эффективные и востребованные способы огнезащиты, а также особенности создания и применения различных огнезащитных технологий. Отмечается актуальность разработки и исследования эффективности комбинированных способов огнезащиты стальных конструкций от воздействия пожара.

Ключевые слова: огнестойкость, предел огнестойкости, стальные конструкции, огнезащитная эффективность, средства огнезащиты, комбинированные способы онезащиты.

EFFECTIVE MEANS OF FIRE PROTECTION FOR STEEL BUILDING STRUCTURES

Melder Yegor Vladimirovich (gokamel@yandex.ru),
Sivenkov Andrey Borisovich (sivenkov01@mail.ru)

The article considers the advantages and disadvantages of steel building structures. The most effective and popular methods of fire protection, as well as the features of the creation and application of various fire-retardant technologies are presented. The relevance of the development and research of the effectiveness of combined methods of fire protection of steel structures from the effects of fire is noted.

Keywords: fire resistance, fire resistance limit, steel structures, fire protection efficiency, fire protection means, combined means of fire protection.

В настоящее время стальные строительные конструкции широко применяются для зданий и сооружений различного функционального назначения. Конструктивная форма сооружения определяется сочетанием его основных элементов – балок, ферм, колонн. Преимуществом стальных конструкций по сравнению с конструкциями из других материалов является высокая несущая способность при различных видах напряженного состояния (растяжение, сжатие, изгиб), индустриальность и легкость монтажа [1]. В качестве существенных недостатков стальных конструкций необходимо отметить подверженность коррозии и низкую огнестойкость, т.к. предел огнестойкости составляет в пределах 15 минут. При воздействии температуры и напряжений от внешних нагрузок, стальные конструкции деформируются и разрушаются.

Одним из наиболее распространенных способов защиты стальных конструкций от воздействия высоких температур (пожара) является применение огнезащитных средств. Согласно ГОСТ 53295 [2] имеются различные способы огнезащиты стальных конструкций, такие как:

– конструктивная огнезащита (толстослойные напыляемые составы, штукатурки, облицовки плитными, листовыми материалами);
– огнезащита тонкослойными вспучивающимися покрытиями;
– комбинированная огнезащита.

На основании анализа, проведённого авторами, необходимо отметить, что наиболее востребованными на сегодняшний день являются

вспучивающиеся (интумесцентные) средства огнезащиты. Этому направлению было посвящено многочисленное количество работ [3-6]. Технологии интумесцентных систем возникли в первые десятилетия прошлого столетия. Первый патент на вспучивающееся покрытие был получен исследователем Траммом в 1938 г. [7]. Наиболее активное применение указанных огнезащитных средств началось с 1950 г. в момент интенсивного развития строительной индустрии.

Рассматриваемые огнезащитные системы могут использоваться в виде относительно тонких слоев до 1-2 мм и обладают способностью образовывать под действием внешнего теплового потока объемный пенококсовый слой на защищаемой поверхности стальной конструкции. В составе вспучивающихся огнезащитных покрытий встречаются такие исходные компоненты как:

– полиолы – органические гидроксилсодержащие соединения с большим содержанием углерода (полифункциональные спирты, декстрин, крахмал, целлюлоза);

– вещества, образующие кислоту в диапазоне от 100 до 250 °С или неорганические кислоты (фосфорная кислота, соли аминов, аммония, амидов, серной и борной кислот);

– органические амины или амиды (меламин и его производные, гуанидин, казеин, полиамидные олигомеры);

– галогенсодержащие соединения [8].

Функция первого из вышеперечисленных компонентов состоит в формировании углеродного каркаса при условии воздействия теплового потока. Эффективность действия полиолов связывают с зависимостью числа гидроксильных групп, которые определяют скорость дегидратации и коксообразования, от содержания углерода, отвечающего за массу образующегося карбонизованного остатка. Но основным компонентом функционирования процесса карбонизации являются кислоты, которые также участвуют в процессе дегидратации.

Роль аминов и амидов состоит в наличии пенообразователя в составе вспучивающихся покрытий. При температурном воздействии данные компоненты образуют негорючие газы, такие как: углекислый газ, азот, аммиак, что способствует вспениванию композиции и созданию эффекта охлаждения пенококсовой структуры [9, 10].

Важным при подборе компонентов для огнезащитных композиций является применение комплекса волокнообразующих минеральных компонентов, способных микроармировать вспученный пенококсовый слой в условиях воздействия пожара. Эффекты микроармирования позволяют добиться создания эффективной теплозащиты для конструкций из различных материалов.

Несмотря на это, необходимо отметить существование проблемы обеспечения надежного и воспроизводимого результата при оценке эффективности огнезащитных средств для стальных конструкций. Так, Мешалкин Е.А. и Болодьян Г.И. отмечают, что многие средства огнезащиты (более 60 %) не выдерживают стандартного температурного воздействия и не отвечают требованиям технической документации по показателям огнезащитной эффективности [11]. При этом время достижения критической температуры при оценке огнезащитной эффективности многих средств огнезащиты составляет не более 15-20 минут, что связано с определенными технологическими трудностями создания эффективных огнезащитных средств, выдерживающих значительные тепловые нагрузки. Недостатками вспучивающихся покрытий является то, что в течение пожара вспученный слой постепенно выгорает, дает усадку, что также негативно сказывается на адгезии пенококса к защищаемой поверхности. Лишь незначительное количество заявленных средств огнезащиты могут обеспечить надежность и воспроизводимость в получении необходимой группы огнезащитной эффективности в пределах 30-60 минут. Создание эффективных средств огнезащиты также связано с доступностью исходных компонентов и стабильностью предприятий по их промышленному изготовлению. В последнее десятилетие эта проблема становится весьма актуальной во многих странах мира. В этой связи привлекают внимание комбинированные способы и средств огнезащиты, позволяющие использовать эффект различных огнезащитных технологий для достижения устойчивого высокого результата по огнезащите строительных конструкций. Важным является разработка огнезащитных технологий с учетом применения доступной сырьевой базы.

В настоящее время имеются ограниченные примеры использования одновременно нескольких видов и способов огнезащиты металлических конструкций. Так, например, Гравит М.В. с соавторами [12] предлагают комбинированный способ огнезащиты, включающий применение интумесцентного покрытия на поверхности сеточной (тканевой) огнезащиты с нанесенным вспучивающимся составом. Преимуществами данного способа является совместимость с ранее нанесенными покрытиями, отсутствие требований к специальной подготовке защищаемой конструкции, а также ремонт и замена участка с повреждением покрытия силами собственного персонала. Заявленная эффективность огнезащитного материала составляет от 15 до 45 минут, что создает предпосылки к широкому применению комбинированного средства огнезащиты. Однако ограниченность подобных технологий предполагает необходимость проведения соответствующих исследований

по разработке эффективных комбинированных огнезащитных систем для достижения высокого и надежного эффекта защиты стальных конструкций от воздействия пожара.

Литература

1. Муханов К.К. Металлические конструкции [Текст]: учеб. пособие для вузов; под общ. ред. Н.А. Рабинович – Изд. 3-е, испр. и доп. - М.: Стройиздат, 1978. – 572 с. – Библиогр.: с. 8-9.

2. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности (с Изменением № 1) [Текст]. – Введ. 2010-01-01. М: Росстандарт: Стандартинформ, 2009.

3. Clark К. J., Shimizu A. B., Richsland К. E., Moyer C. B. Analytical modeling of intumescent coating thermal protection system // JP-5 Fuel Fire Environment. Aerotherm Final Report № 76-101. Aerotherm Division. Acurex Corp. Mountain View. California, 1974.

4. Cagliostro D. E., Riccitiello S. R., Clark K. J., Shimizu A. B. Intumescent coating modeling // J. Fire Flammab. 1975. V. 6. P. 205-221.

5. Гнедин Е.В., Козлова Н. В., Гитина Р.М. и др. Строение пенококсов, образующихся при пиролизе и горении полимеров, содержащих вспучивающие системы антипиренов // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. 1991. Т. 33, № 7. С. 1568-1575.

6. Решетников И.С, Халтуринский Н.А. Некоторые особенности теплопереноса в пенококсах, образующихся при горении // Хим. физика. 1997. Т. 16, № 10. С. 104-108.

7. Tramm, H., Clar C., Kuhnel P., Schraa W. US Pat. 2, 106, 938 assignesd to Ruhrchemie Aktiengeselichalt, Feb. 1938.

8. Машляковский Л.Н. Органические покрытия пониженной горючести [Текст]: учеб. издание / Л.Н. Машляковский, А.Д. Лыков, В.Ю. Репкин; под общ. ред. А.Е. Пинчук – Л., 1989. – 184 с. – Библиогр.: с. 132-136.

9. Халтуринский Н.А., Крупкин В.Г. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий. Пожаровзрывобезопасность, т.20, №10. – 2011. – 56 с. – Библиогр.: с. 33-36.

10. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования. Строительные материалы, №6. – 2002. – 49 с. – Библиогр.: с. 2-5.

11. Мешалкин Е.А., Болодьян Г.И. Проблемы применения средств огнезащиты. Сборник материалов VIII Научно-практической конференции «Ройтмановские чтения». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020 – с. 75-77.

12. Гравит М.В. 3-D-огнезащита для кабельных линий и строительных конструкций [Текст]: Сборник тезисов докладов IX Международной конференции «Полимерные материалы пониженной горючести» / Я.Б. Симоненко, В.А. Прусаков – Белорусский государственный университет, Минск 2019. – Библиогр.: с. 141-144.

СЕКЦИЯ 2
ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТАНЦИЙ ЗАРЯДКИ ТРАНСПОРТА С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ СИЛОВЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Кузьменко Виктор Алексеевич (victor.kuzmenko97@mail.ru),
Двоенко Олег Викторович (dvoenko_oleg@mail.ru),
Щербаков Николай Александрович (snikolais@bk.ru)

В данной статье выполнен обзор существующих станций зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием. Приведена статистика роста станций зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием на территории города Москвы. Рассмотрены основные причины способствующие возникновению пожаров в процессе энергоснабжения транспорта с высоковольтным силовым оборудованием.

Ключевые слова: станции зарядки, электротранспорт, высоковольтное силовое оборудование, процесс энергоснабжения, литий-ионная аккумуляторная батарея, пожар.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF CHARGING STATIONS FOR VEHICLES WITH HIGH-VOLTAGE POWER EQUIPMENT

Kuzmenko Viktor Alekseyevich (victor.kuzmenko97@mail.ru),
Dvoyenko Oleg Viktorovich (dvoenko_oleg@mail.ru),
Shcherbakov Nikolay Aleksandrovich (snikolais@bk.ru)

This article provides an overview of existing transport charging stations with high-voltage power equipment. The statistics of growth of charging stations of transport with high-voltage power equipment in the territory of the city of Moscow are given. The main causes contributing to the occurrence of fires in the process of power supply of transport with high-voltage power equipment are considered.

Keywords: Charging stations, electric vehicles, high-voltage power equipment, power supply process, lithium-ion battery, fire.

Обеспечение пожарной безопасности процесса энергоснабжения на станциях зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием является на сегодняшний момент актуальной задачей. Во-первых, станции зарядки электротранспорта являются важным элементом городской транспортной инфраструктуры и составляющей частью энергетического комплекса страны.

Во-вторых, количество станций зарядки с каждым годом стремительно увеличивается, особенно в крупных городах.

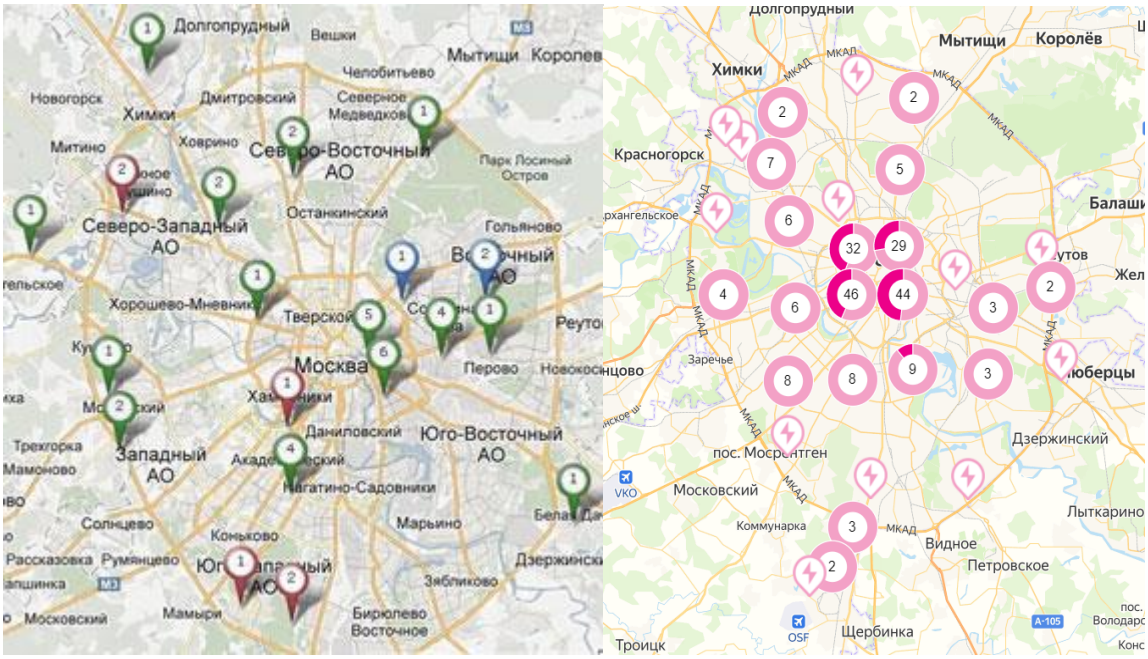


Рис. 1 - Количество станций зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием в г. Москва с 2016 – 2021 год увеличилось с 41 до 160+

Подобная тенденция характерна для крупных городов России. В 2016 году в Москве насчитывалось 41 станция зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием, а в 2020 году их уже стало более 160 штук.

Такой рост обусловлен переходом на все большее использование электротранспорта в повседневной жизни, увеличение стоимости традиционных видов топлива, введением новых экологических стандартов и повышением налоговых сборов.

В настоящее время в мире применяются различные типы станций зарядки для энергоснабжения транспорта с высоковольтным силовым оборудованием. Можно выполнить классификацию станций зарядки по региональному признаку и их техническим характеристикам. Станции зарядки, выполненные по типу 1 предназначены для Северной Америки и Японии и разделяются на три уровня[1,2]:

- **Level 1.** Станции зарядки этого уровня представляют собой обычные бытовые зарядки обеспечивающие работу за счет переменного тока. Для достижения полного заряда литий-ионной аккумуляторной батареи транспорта с высоковольтным силовым оборудованием требуется 10-12 часов.
- **Level 2.** Работа зарядной станции уровня Level 2 обеспечивается за счет переменного тока, который поступает при подключении обычной электросети. Так как станция зарядки монтируется в обычную электрическую сеть с напряжением 220 В, то время

энергоснабжения литий-ионной аккумуляторной батареи составляет 4-6 часов.

- **Level 3.** Данные станции работают с использованием постоянного тока значения которого достигают 100 А, а напряжение электрической сети составляет 480 В. Время полной зарядки литий-ионной аккумуляторной батареи транспорта с высоковольтным силовым оборудованием составляет 2 часа.



Рис. 2 - Станции зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием типа 1 для Америки и Японии

Станции зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием выполненные для стран Европы разделяются не по уровням, а по режимам работы. Выделяют четыре вида станций зарядки [1,2]:

- **Mode 1.** Станция зарядки такого типа представляет собой обычный зарядный кабель. Время зарядки литий-ионной аккумуляторной батареи транспорта с высоковольтным силовым оборудованием составляет 10-12 часов.
- **Mode 2.** Представляет собой стандартную зарядку переменного тока. Подходит для зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием, использующими традиционными разъемами подключаемого разъема с системой защиты внутри кабеля. Длительность процесса зарядки составляет 6-8 часов.
- **Mode 3.** Является самой мощной станцией зарядки работающей с использованием переменного и постоянного тока. Время полной зарядки литий-ионной аккумуляторной батареи транспорта с высоковольтным силовым оборудованием составляет не более 4 часов.
- **Mode 4.** Данная станция зарядки осуществляет процесс энергоснабжения, только современного электрического транспорта, так как вырабатываемая мощность для автомобилей более старого поколения

слишком высока. Время полной зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием составляет не более 2 часов.



Рис. 3 - Станции зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием типа 2 для Европы

Стоит отдельно выделить **зарядные станции Tesla Supercharger,** производимые Tesla Motors, которые обеспечивают вырабатывание мощности до 135 кВт постоянного тока. При этом показатель электрического напряжения составляет до 500В. Ввиду использования способа быстрой зарядки их следует отнести к станциям нагнетания энергии. Такая зарядная станция применима исключительно для электромобилей компании Tesla.

Технология, которая используется в зарядных станциях Tesla Supercharger, позволяет зарядить литий-ионную аккумуляторную батарею автомобиля на 50 % всего лишь за 20 минут, а общее время процесса зарядки составляет не более 2 часов [1, 2].

Процесс энергоснабжения на станциях зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием обуславливается использованием электрической энергии и имеет ряд причин электротехнического характера, способствующих возникновению пожара [3, 4, 5].

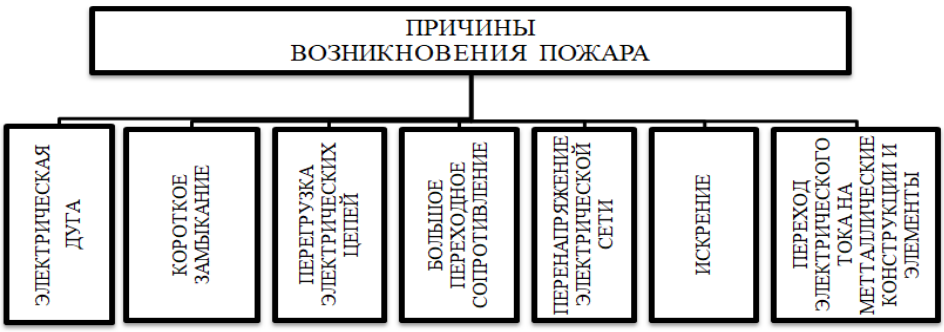


Рис. 4 - Возможные причины возникновения пожаров в процессе зарядки транспорта с высоковольтным силовым оборудованием

Для беспрерывного и надежного обеспечения процесса энергоснабжения, необходимой составляющей, является обеспечение вероятности безотказной работы каждого элемента принимающего участие в процессе. Для расчета вероятности безотказной работы процесса энергоснабжения используется формула [6]:

$$P(\text{п.э.}) = \text{Р}(\text{с.з.}) + \text{Р}(\text{с.к.}) + \text{Р}(\text{акб}), \text{ где}$$

$\text{Р}(\text{с.з.})$ – вероятность отказа станции зарядки;
$\text{Р}(\text{с.к.})$ – вероятность отказа силового кабеля;
$\text{Р}(\text{акб})$ – вероятность отказа аккумуляторной батареи.

Литература

1. Американские и европейские стандарты зарядных станций. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://natoke.ru/articles/189-amerikanskie-i-evropeiskie-standarty-zarjadnyh-stancii-tipy-razyomov.html.
2. Типы зарядных устройств для электрокаров. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://elektro-mobili.ru/tipy-zariadnykh-ustroistv-dlia-elektrokarov/.
3. Пожарная безопасность электроустановок : учебник / В. Н. Черкасов, В. И. Зыков ; под общ. ред. В. Н. Черкасова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. – 391 с.
4. Электротехнические причины пожара [Электронный ресурс] Режим доступа: https://fireman.club/statyi-polzovateley/elektrotexnicheskie-prichiny-pozhara/.
5. Современные источники тока и зарядные станции для электромобилей: учебное пособие / В.Е. Ютт [и др.]. – М.: МАДИ, 2017. – 108 с.
6. Вероятность безотказной работы электрооборудования. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65635b2ac79b4d53b88421306d27_0.html.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО АВТОМАТА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Волкова Ксения Михайловна (ksenifire@bk.ru)

Приводятся синтез модели цифрового автомата Мили автоматизированной системы пожаротушения. Объясняются этапы синтеза цифрового автомата и проведения минимизации функций управления моделью цифрового автомата. В статье

описывается процесс создания и функционирования модели цифрового автомата одной из подсистем автоматизированной интегрированной системы противопожарной защитой (АИСППЗ) – система пожаротушения. Для проведения декомпазиционного синтеза модели цифрового автомата для АИСППЗ необходимо провести синтез ЦА для каждой подсистемы, например, пожаротушения.

Ключевые слова: цифровой автомат, граф, внршина графа, минимизация логической функции.

FORMALIZATION OF A DIGITAL AUTOMATON MODEL FOR AN AUTOMATED FIREFIGHTING SYSTEM

Volkova Kseniya Mikhailovna (ksenifire@bk.ru)

The synthesis of the Mile digital automata model of the automatic firefighting system is given. The stages of the synthesis of the digital automaton and the minimization of control functions of the digital automaton model are explained. The article describes the process of creation and functioning of the digital automata model of one of the subsystems of the Automated Integrated Fire Protection System (AIFPS) - fire extinguishing system. To carry out a decompartmental synthesis of the digital automata model for AISFPPZ it is necessary to carry out a synthesis of CA for each subsystem, for example, firefighting.

Keywords: Digital automaton, graph, graph vertex, minimization of logic function.

Модель цифрового автомата (ЦА) автоматизированной системы пожаротушения с входными и выходными сигналами индуцирует однозначное отображение множества команд во входных сигналах (входном командном отображении) в множество команд в выходных сигналах. В статье рассмотрим этапы решения задачи синтеза автоматов по индуцируемым ими отображениям.

По разработанному алгоритму (рис. 1) при выборе состояний следует принимать во внимание такие рекомендации, как:

– соответствие задания и исходного;

– выбор следующего состояния осуществляется в соответствии с порядком возрастания после каждого блока ПРОЦЕСС;

– перед каждым блоком РЕШЕНИЕ, после каждой точки примыкания линии, которая указывает направление перехода [1] .

По разработанному алгоритму функционирования решили, что схема модели ЦА автоматизированной системы пожаротушения (АСПТ) будет включать в себя 14 состояний $a_0, a_1, a_2, \ldots, a_{13}$, где a_0 – исходное состояние [2].

Все 14 состояний цифрового автомата будут закодированы четырехразрядными двоичными числами. Блок памяти, в данном случае, будет представлять из себя четырехразрядный параллельный регистр на D-триггерах, так как хранение каждого разряда двоичного кода будет использовать по одному триггеру [3].

Таблица 1 - Присвоение значений состояниям модели цифрового автомата автоматизированной системы пожаротушения

Состояние автомата	Расшифровка состояния
a_0	Пожарные извещатели находятся в дежурном режиме Система АПТ в дежурном режиме
a_1	1 пожарный извещатель находится в режиме «Пожар» Звуковые оповещатели включены
a_2	Пожарные извещатели находятся в дежурном режиме. Звуковые оповещатели выключены. Система АСПТ в режиме «ОШИБКА».
a_3	ЦА исправляет ошибку системы
a_4	Звуковые оповещатели вкдлючены. Приточная и вытяжная вентиляция включена. Система АСПТ в режиме «Пожар».
a_5	Производиться тушение пожара.
a_6	После ликвидации пожара ЦА производит сброс тревог и перезапускает АСПТ
a_7	ЦА запускает АСЭ и АСПТ
a_8	ЦА исправляет ошибку системы
a_9	Сработал 1 пожарный извещатель
a_{10}	Нажата кнопка ручного запуска пожаротушения
a_{11}	Оборван один из шлейфов
a_{12}	Сработал 2-й пожарный извещатель
a_{13}	В помещении пожар

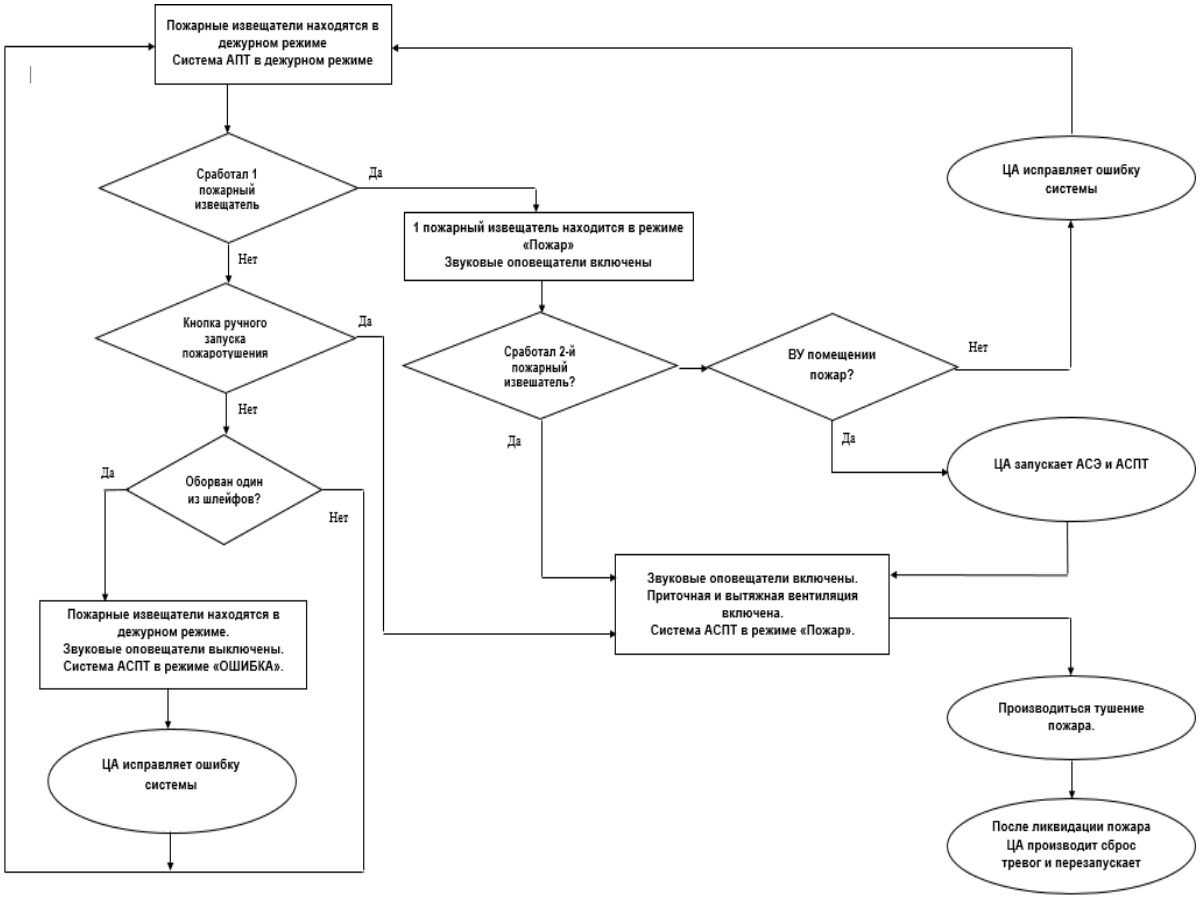


Рис. 1 - Алгоритм функционирования системы автоматического пожаротушения на промышленном объекте

Таблица 2 - Кодирование состояний модели цифрового автомата автоматизированной системы пожаротушения

Состояние автомата	Двоичный код			
	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
a_0	0	0	0	0
a_1	0	0	0	1
a_2	0	0	1	0
a_3	0	0	1	1
a_4	0	1	0	0
a_5	0	1	0	1
a_6	0	1	1	0
a_7	0	1	1	1
a_8	1	0	0	0
a_9	1	0	0	1

Продолжение таблицы 2

Состояние автомата	Двоичный код			
	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
a_{10}	1	0	1	0
a_{11}	1	0	1	1
a_{12}	1	1	0	0
a_{13}	1	1	0	1

Таблица 3 - Таблица переходов D-триггера модели цифрового автомата автоматизированной системы пожаротушения

Переход	D
$0 \to 0$	0
$0 \to 1$	1
$1 \to 0$	0
$1 \to 1$	1

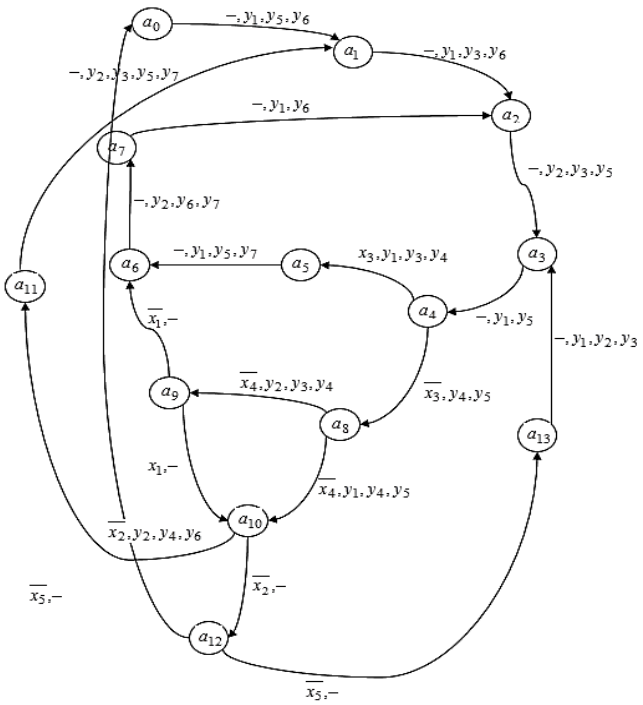


Рис. 2 - Граф переходов цифрового автомата автоматизированной интегрированной системы пожаротушения

Исходя из разработанного алгоритма функционирования цифрового автомата АСПТ строим граф [4]. Состояние устройства в графе будет прямопропорционально зависеть от значений вершин (вершин графа). Вершины графа модели ЦА АСПТ соединяются дугами, которые показывают направление перехода. Сверху на дугах прописываем условия перехода и выходные сигналы [5].

Читать граф следует так: автомат находится в исходном состоянии a_0, далее под сигнала с пожарного извещателя он изменяет свое состояние на a_1, при этом переходе должны быть сформированы выходные сигналы y_1, y_5, y_6. Затем следует переход в состояние a_2 с формированием выходных сигналов y_1, y_3, y_6. Из состояния a_2 переходим в a_3, затем в a_4. Из состояния a_4 возможен переход в состояние a_5, либо

a_8 [5]. В состояние a_5 автомат перейдет, если внешнее условие (обнаружен пожар) x_3 равен 1 (x_3) с выдачей управляющих сигналов y_1, y_3, y_4, а в состояние a_8 автомат перейдет, если этот же сигнал равен 0 ($\overline{x_3}$) и т.д.

Построив граф, заполним таблицу функционирования вершин графа. По данной таблице можно записать функции для любого числа переменных. После необходимо ее внимательно проанализировать для того чтобы упростить (минимизировать), потому что табличный способ не дает возможности получить в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) для выходных сигналов минимальной дизъюнктивной нормальной формы (МДНФ) или минимальной конъюнктивной нормальной формы (МКНФ) [6]. В этом случае будет достаточно к некоторым выражениям применить закон склеивания.

По таблице функционирования графа цифрового автомата АИСПТ составим аналитические выражения в СДНФ для выходных сигналов $y_1, y_2, y_3,$, а также сигналов управления триггерами D_4, D_3, D_2, D_1. Совершенную дизъюнктивную нормальную форму функции представляет собой дизъюнкцию элементарных конъюнкций [7].

Выходной сигнал y_1 будет сформирован, если автомат находится в состоянии a_0, или в a_1, или в a_3, или a_5, или a_7, или a_{13}, или в состоянии a_4 и признак $x_3 = 1$, или в состоянии a_8 и признак $x_4 = 0$. Аналогично записываются функции для остальных выходных сигналов и сигналов управления триггерами.

Таблица 4 - Функционирование графа цифрового автомата АСПТ

$y_1 = a_0 \vee a_1 \vee a_3 \vee a_4 x_3 \vee a_5 \vee a_7 \vee a_8 \overline{x_4} \vee a_{13}$	(5)
$y_2 = a_2 \vee a_6 \vee a_8 x_4 \vee a_{10} \overline{x_2} \vee a_{11} \vee a_{13}$	(6)
$y_3 = a_1 \vee a_2 \vee a_4 x_3 \vee a_8 x_4 \vee a_{11} \vee a_{13}$	(7)
$y_4 = a_4 x_3 \vee a_4 \overline{x_3} \vee a_8 x_4 \vee a_8 \overline{x_4} \vee a_{10} \overline{x_2} = a_4 \vee a_8 \vee a_{10} \overline{x_2}$	(8)
$y_5 = a_0 \vee a_2 \vee a_3 \vee a_4 \overline{x_3} \vee a_5 \vee a_8 \overline{x_4} \vee a_{11}$	(9)
$y_6 = a_0 \vee a_1 \vee a_6 \vee a_7 \vee a_{10} \overline{x_2}$	(10)
$y_7 = a_5 \vee a_6 \vee a_{11}$	(11)
$D_1 = a_0 \vee a_2 \vee a_4 x_3 \vee a_6 \vee a_8 x_4 \vee a_{10} \overline{x_2} \vee a_{11} \vee a_{12} x_5 \vee a_{13}$	(12)

Продолжение таблицы 4

$D_2 = a_1 \vee a_2 \vee a_5 \vee a_6 \vee a_7 \vee a_8\overline{x_4} \vee a_9\overline{x_1} \vee a_9x_1 \vee a_{10}\overline{x_2} \vee a_{13} =$ $a_1 \vee a_2 \vee a_5 \vee a_6 \vee a_7 \vee a_8\overline{x_4} \vee a_9 \vee a_{10}\overline{x_2} \vee a_{13}$	(13)
$D_3 = a_3 \vee a_4x_3 \vee a_5 \vee a_6 \vee a_9\overline{x_1} \vee a_{10}\overline{x_2} \vee a_{10}x_2 \vee a_{12}x_5 =$ $a_3 \vee a_4x_3 \vee a_5 \vee a_6 \vee a_9\overline{x_1} \vee a_{10} \vee a_{12}x_5$	(14)
$D_4 = a_4\overline{x_3} \vee a_8x_4 \vee a_8\overline{x_4} \vee a_9x_1 \vee a_{10}\overline{x_2} \vee a_{10}x_2 \vee a_{12}x_5 =$ $a_4\overline{x_3} \vee a_8 \vee a_9x_1 \vee a_{10} \vee a_{12}x_5$	(15)

Формулы (8), (13), (14) и (15) были упрощены с помощью закона склеивания. Используя законы двойного отрицания и формулы де Моргана, исходные выражения из базиса И, ИЛИ, НЕ преобразуем в базис И, НЕ.

$y_1 = \overline{\overline{a_0} \wedge \overline{a_1} \wedge \overline{a_3} \wedge \overline{a_4x_3} \wedge \overline{a_5} \wedge \overline{a_7} \wedge \overline{a_8\overline{x_4}} \wedge \overline{a_{13}}}$,	(16)
$y_2 = \overline{\overline{a_2} \wedge \overline{a_6} \wedge \overline{a_8x_4} \wedge \overline{a_{10}\overline{x_2}} \wedge \overline{a_{11}} \wedge \overline{a_{13}}}$.	(17)

По аналогии преобразуем все остальные формулы.

С помощью логического преобразователя Logic Converter из программы-симулятора MultiSIM проведем минимизацию логических функций, которые определяют каждый из управляющих сигналов триггеров КС 1 по данным Таблицы 4. Результаты минимизации логических функций приведены на рисунках (рисунки 3-6).

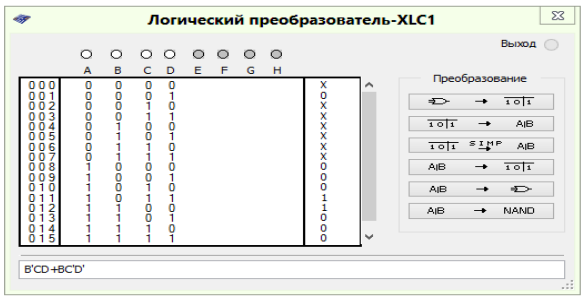


Рис. 3 - Минимизация логической функции для управления сигналами триггера K_1

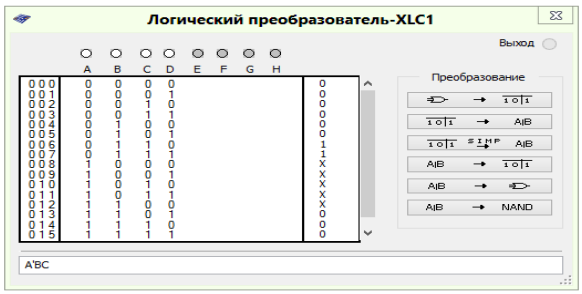


Рис. 4 - Минимизация логической функции для управления сигналами триггера J_1

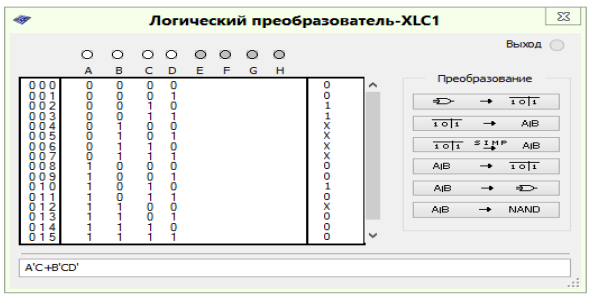


Рис. 5 - Минимизация логической функции для управления сигналами триггера J_2

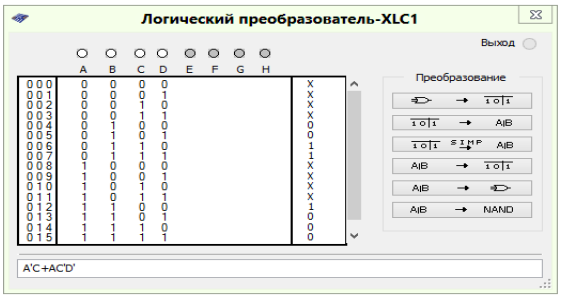


Рис. 6 - Минимизация логической функции для управления сигналами триггера K_2

Теперь проведем минимизацию логических функций КС 2, используя также Logic Converter из программы-симулятора MultiSIM.

Результат минимизации логических функций (рисунки 7-8).

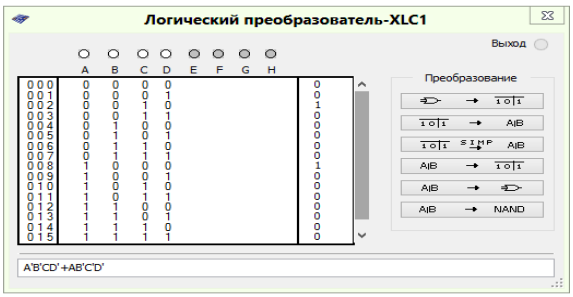


Рис. 7 - Минимизация логической функции для управления сигналами триггера Y_1

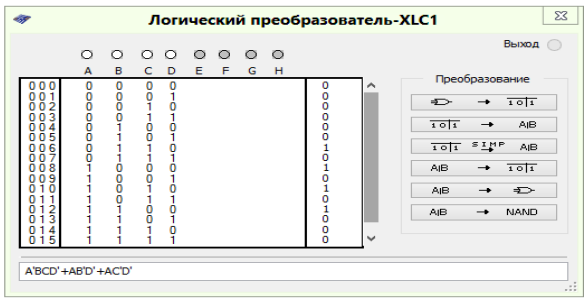


Рис. 8 - Минимизация логической функции для управления сигналами триггера Y_2

Заключение

Минимизированные логические функции для КС 1 и КС 2 будут использоваться при построении модели цифрового автомата автоматизированной интегрированной системы противопожарной защиты.

Для упрощения схемы ЦА анализируются минимизированные логические функции для КС 1 и КС 2 и определяются одинаковые логические функции. На основе функциональной схемы ЦА строится её принципиальная электрическая схема на выбранной серии цифровых интегральных схем.

Литература

1. Топольский Н.Г. Проблемы и принципы создания интегрированных систем безопасности и жизнеобеспечения // Материалы четвертой международной конференции «Информатизация систем безопасности» - ИСБ-95. - М.: ВИПТШ МВД РФ. 1995. - С. 14.
2. Пупков, К.А., Егупов Н.Д. "Методы классической и современной теории автоматического управления." М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
3. Энциклопедия безопасности [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://protivpozhara.ru/tipologija/teorija/pozhary-i-vzryvy-na-vzryvopozharoopasnyx-obektax - Против пожара.
4. Юревич, Е.И. "Теория автоматического управления." СПБ.: ВХБ-Петербург, 2007.
5. Little, I.D.C. Models and Managers. The Concept of a Decision Calculus// Management Science. – 1970. – v. 16. № 8.
6. Ларичев, О.И., Петровский А.В. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. – Т.21. М.: ВИНИТИ, 1987. С. 131-164.
7. Edwards, J.S. Expert Systems in Management and Administration – Are they different from Decision Support Systems? // European Journal of Operational Research, 1992. – V. 61. – P. 114-121.
8. Топольский Н.Г., Тараканов Д.В. Моделирование динамики параметров мониторинга пожара в здании на основе клеточных автоматов // Системы безопасности – 2016: материалы 25-й Международной научно-технической конференции. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 585–588.
9. Шалыто А. А. Автоматное программирование // Компьютерные науки и информационные технологии: тезисы докладов Междунар. науч.конф. памяти проф. А. М. Богомолова. Саратов: Саратовский государственный университет, 2007.

ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ ФГОС ПОКОЛЕНИЯ 3++ К ПОТРЕБНОСТЯМ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Савкина Екатерина Сергеевна (savkina.katya.98@mail.ru)

В статье рассматривается вопрос адаптации нового Федерального Государственного Образовательного Стандарта поколения 3++ Высшего Образования в сфере пожарной безопасности. Сложность перехода Академии ГПС МЧС России на ФГОС поколения 3++ в большей части будет заключаться в отсутствии большей части профессиональных стандартов в сфере обеспечения пожарной безопасности. Предложено ориентирование на рамку квалификаций. Показано сравнение ФГОС поколения 3+ с поколением 3++ для реализации последнего в сфере обеспечения пожарной безопасности. Проведен анализ реализации компетенций дисциплинами по

направлению подготовки 20.05.01 (Пожарная безопасность, уровень специалитет) стандарта поколения 3+. Изучено влияния системы независимой оценки квалификации на высшее образование в сфере обеспечения пожарной безопасности в целях ее реализации.

Ключевые слова: профстандарты, компетенции, квалификационные требования, рамка квалификаций.

THE PROBLEM OF ADAPTING THE GENERATION 3++ FSES TO THE NEEDS OF HIGHER EDUCATION IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

Savkina Yekaterina Sergeyevna (savkina.katya.98@mail.ru)

The article considers the issue of adaptation of the new Federal State Educational Standard of generation 3++ of Higher Education in the field of fire safety. The complexity of the transition of the Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia to the FSES of generation 3++ will mostly consist in the absence of most of the professional standards in the field of fire safety. The orientation to the qualifications framework is suggested. A comparison of the generation 3+ FSES with the generation 3++ for the implementation of the latter in the field of fire safety is shown. The analysis of the implementation of competencies by disciplines in the direction of training 20.05.01 (Fire safety, specialty level) generation 3+standard. The influence of the system of independent qualification assessment on higher education in the field of fire safety in order to implement it is studied.

Keywords: Professional standards, competences, qualification requirements, qualifications framework.

В нашей стране осуществляется гармонизация системы образования с потребностями рынка труда путем внедрения независимой оценки квалификаций на основе профессиональных стандартов.

Целью работы является гармонизация основных профессиональных образовательных программ с профессиональными стандартами и квалификационными требованиями к специалистам в сфере пожарной безопасности, подразумевающим наличие профессионального образования.

Одним из основных направлений этой деятельности является реализация компетенций в сфере образования, ориентированных на трудовые функции профессиональных стандартов, что выражено в выходе поколения стандартов 3++. В сфере обеспечения пожарной безопасности

данная деятельность в настоящее время находится в начальной стадии и активно развивается. Для выполнения этой работы нужно освоить программу специалитета, то есть обладать теми знаниями и умениями, которые прописаны в стандарте для выпускников.

До настоящего времени подготовка специалистов в сфере пожарной безопасности осуществлялась только с учетом квалификационных требований, но без учета профессиональных стандартов, поэтому на современном этапе актуальным становится адаптация системы высшего образования в области пожарной безопасности с учетом положений профессиональных стандартов, как составляющей системы независимой оценки квалификации.

В российском высшем образовании в настоящее время начался переход к обучению по новому поколению ФГОС ВО, называемым ФГОС поколения 3++.

Основной особенностью нового ФГОС поколения 3++ является его увязка с профстандартами. Этим преследуется цель приблизить высшее образование к требованиям работодателей в той или иной профессии, выраженным в профстандартах, нацелить обучение в вузе на формирование компетенций деятельности по конкретной специальности.

Эволюция образовательных стандартов шла по пути уменьшения требований к единообразию получения образования в различных вузах. Если в стандартах второго поколения четко были прописаны знания, умения и навыки (ЗУН), которые должны быть получены выпускником в процессе обучения, и на 90 % определялся перечень дисциплин, которые должны быть при этом изучены, то далее требования становились все более размытыми. Вместо ЗУН появилось понятие компетенции, перечень дисциплин определяется вузом самостоятельно. УМО по направлению разрабатывал примерный учебный план, но использование его было не обязательно. Анализ учебных планов конкретных вузов показывает, что они существенно отличаются как от примерного учебного плана, предлагаемого УМО, так и между собой. ФГОС поколения 3+ требовал формирования всех представленных в нем компетенций по всем видам деятельности. Когда стало понятно, что это невозможно сделать, появился ФГОС поколения 3+, который позволял вузам для обучения выбрать один или несколько видов деятельности и формировать компетенции, относящиеся только к этому виду [1].

Одним из основных отличий является то, что в стандарте поколения 3++ профессиональные компетенции не формулируются. Предусматривается, что они указываются в примерной основной образовательной программе (ПООП) либо разрабатываются Образовательной организацией.

Кроме того, во ФГОС 3++ вместо Общекультурных компетенций появились Универсальные, а Общепрофессиональные остались неизменными.

Согласно ФГОС поколения 3++ (п. 1.4) организация разрабатывает образовательную программу специалитета (ОП) в соответствии с ФГОС ВО 3+, с учетом соответствующей ПООП, включенной в реестр примерных основных образовательных программ [2].

В модернизированных стандартах, вступающих в действие с 2019 г. (ФГОС поколения 3++), вводятся новые понятия (УК – универсальные компетенции, ПС – профессиональный стандарт, ОТФ – обобщенная трудовая функция, ПООП – примерная основная образовательная программа, ОПОП – основная профессиональная образовательная программа), изменена структура программ.

Профессиональные компетенции, устанавливаемые программой, формируются образовательной организацией самостоятельно на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников.

В рамках одной ПООП невозможно согласовать требования ФГОС поколения 3++ по типам деятельности и направленности обучения. Учитывая, что в рамках одной группы направлений используются одни и те же профстандарты, необходимо согласование ПООП по разным направлениям [2].

Сложность перехода в случае утверждения ФГОС поколения 3++ в большей части будет заключаться в отсутствии большей части профессиональных стандартов в сфере обеспечения пожарной безопасности. Возможным выходом из этой ситуации может явиться ориентирование на разработанную СПК ЧС рамку квалификаций, являющейся дорожной картой разработки профстандартов.

В преддверии выхода стандартов поколения 3++ более года назад начался анализ реализации компетенций ОПОП ФГОС поколения 3+ в целях подготовки к переходу на стандарты следующего поколения.

При анализе было выявлено, что некоторые компетенции реализовывались одной дисциплиной, а некоторые более чем двадцатью. Такое распределение приводило к неравномерному распределению учебного времени и сказывалось на формировании части компетенций как показано на рис. 1.

Основным подходом к формированию рамки квалификаций явилось соответствие системе обеспечения пожарной безопасности - совокупности сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на

профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ.

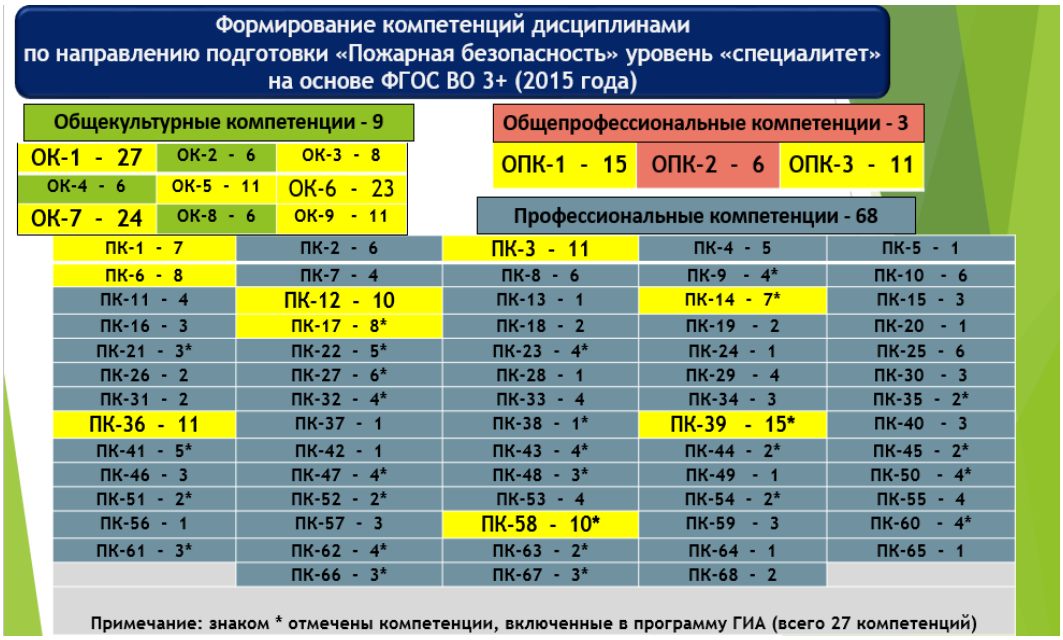


Рис. 1 - Формирование компетенций

Рамка квалификаций состоит из блоков:

- тушения пожаров;
- профилактики пожаров;
- экспертной и процессуальной деятельности в сфере ПБ;
- проектирования, монтажа и эксплуатации систем противопожарной защиты.

Каждый из блоков является самостоятельным набором профстандартов, либо укрупненным профстандартом. Объединяющим блоком является «Руководство пожарной охраной», который включает набор компетенций вышеназванных блоков.

Рамка квалификаций охватывает уровни от рабочих должностей до руководителей пожарной охраны субъекта РФ, ведомственной, частной, муниципальной и добровольной пожарной охраны.

Рамка квалификаций послужит ориентиром для адаптации ФГОС поколения 3++ будущим профстандартам.

В Академии ГПС МЧС России обучающиеся осваивают общую программу специалитета, в то время как их деятельность по выпуску будет различаться:

- по сферам дальнейшей деятельности;
- по возможностям замещения отдельных категорий должностей.

Обучающихся возможно разделить на две категории:

1. Курсанты (юноши), направленные на обучение из территориальных органов МЧС России и других государств с группой предназначения пригодной к выполнению работ, непосредственно связанных с тушением пожара;

2. Студенты и курсанты (девушки), имеющие ограничения к выполнению работ, непосредственно связанных с тушением пожара.

Это позволяет говорить о потребности в специализации обучающихся по направлениям «ПБ государства – ПБ организации».

При этом подготовка по специализации «ПБ государства» будет ориентироваться на квалификационные требования, формируемые МЧС России, как органа государственной власти, к полномочиям которого отнесены вопросы обеспечения пожарной безопасности, а подготовка по направлению «ПБ организации» - на имеющиеся профессиональные стандарты и рамку квалификаций профессий системы обеспечения пожарной безопасности.

Проблематика адаптации ФГОС поколения 3++ к потребностям высшего образования в сфере обеспечения пожарной безопасности заключается в возможном опережении выхода образовательного стандарта до утверждения профессиональных стандартов, что потребует переработки образовательной программы по направлению подготовки 20.05.01 (Пожарная безопасность, уровень специалитета) ориентированной либо на квалификационные требования федерального органа исполнительной власти, к полномочиям которого отнесены вопросы обеспечения пожарной безопасности (МЧС России), либо на рамку квалификаций предполагаемых профессиональных стандартов профессий системы обеспечения пожарной безопасности, разработанной СПК ЧС [3].

Наряду с этим, потребности рынка труда в сфере обеспечения пожарной безопасности имеют несколько направлений, часть из которых ориентирована на потребности государственных органов в обеспечении пожарной безопасности на уровне государства, часть – на обеспечение пожарной безопасности организаций (объектов защиты), а часть – на осуществление деятельности в сфере пожарного сервиса (проектирования, монтажа и эксплуатации систем противопожарной защиты). Обобщение данных потребностей позволяет говорить о необходимости в специализации обучающихся по указанным направлениям путем реализации соответствующих образовательных программ.

Анализ ФГОС ВО поколения 3++ в области изменений в структуре и содержании ОПОП, новых требований к результатам ее освоения, показал возрастающую роль работодателей, принимающих участие непосредственно в разработке ОПОП. Отсутствие перечня формируемых профессиональных компетенций определяет необходимость непрерывного

мониторинга потребностей регионального рынка труда, а также консультирования с работодателями по вопросам формирования профессиональных компетенций будущих выпускников.

Новые ФГОС ВО поколения 3++ способствуют увеличению уровня взаимодействия между образовательными организациями и рынком труда, преодолению локальному разрыву «работодатель - образовательная организация», позволяя актуализировать содержание подготовки выпускников и обеспечить такой уровень их подготовки, который бы позволил снизить время адаптации на рабочем месте.

Внедрение современных технологий требует привлечения новых высококвалифицированных рабочих и специалистов. Национальная система квалификаций призвана решить задачу обеспечения экономики необходимыми кадрами, в том числе путем системной подготовки и переподготовки кадров, которая строится на основе профессиональных стандартов и подтверждения наличия у работников необходимых профессиональных знаний, и умений в рамках независимой оценки квалификации, что в полной мере относится к образованию в сфере обеспечения пожарной безопасности.

Литература

1. Бермус А.Г. Проблемы и перспективы реализации компетентностного подхода в образовании // Эйдос: интернет-журнал. 2005;

2. Захарова И.В., Дудаков С.М., Язенин А.В., Солдатенко И.С. О методических аспектах разработки примерных образовательных программ высшего образования // Образовательные технологии и общество. 2015. Т. 18. № 3. С. 330-354;

3. Зимняя И.А. Компетентностный подход. Каково его место в системе подходов к проблемам образования? // Высшее образование сегодня.2006, № 8.

ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕРКИ ГОТОВНОСТИ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Степанов Егор Владимирович (stepanov9619@mail.ru),
Топольский Николай Григорьевич (ntopolskii@mail.ru),
Вилисов Валерий Яковлевич (stepanov9619@mail.ru)

Предложен метод косвенного оценивания эффективности применения внутренних и внешних проверок готовности подразделений ГПС к выполнению боевых задач. Потенциал повышения эффективности оценивается по снижению различных видов ущерба за счет улучшения показателей реагирования. При оценивании учитываются регрессионные зависимости ущерба от показателей реагирования.

Ключевые слова: контроль, ущерб, гамма-распределение, квантиль, потенциал повышения эффективности.

ON EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF CHECKING THE READINESS OF FIRE DEPARTMENTS

Stepanov Yegor Vladimirovich (stepanov9619@mail.ru),
Topolsky Nikolay Grigoryevich (ntopolskii@mail.ru),
Vilisov Valery Yakovlevich (stepanov9619@mail.ru)

A method for indirect assessment of the effectiveness of the use of internal and external checks of the readiness of the GPS units to perform combat missions is proposed. The potential for efficiency gains is assessed by reducing various types of damage through improved response rates. The estimation takes into account the regression dependences of damage on response indicators.

Keywords: control, damage, gamma distribution, quantile, efficiency improvement potential.

Введение. Вопросы контроля готовности всех подразделений к выполнению задач ликвидации чрезвычайных ситуаций закреплены в ряде нормативных правовых актов РФ [1, 2], в частности отмечается: «*19. Готовность аварийно-спасательных служб … проверяется в ходе аттестации, а также в ходе проверок, осуществляемых в пределах своих полномочий МЧС …, органами государственного надзора и контроля, а также федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления и организациями, создающими указанные службы и формирования*» [1].

В ряде работ [3] приведены постанови задач оценивания качества и эффективности работы пожарно-спасательной части (ПСЧ).

Вопросам контроля в процессе боевых действий и при их подготовке уделяется большое внимание и в учебно-методической литературе по управлению силами и средствами на пожаре, а также по пожарной тактике [2, 3].

Методы снижения риска за счет проведения проверок, как внутренних, так и внешних [4], а также за счет выявления приемлемого уровня риска при управлении ликвидацией пожаров, направлены на:

- улучшение временных показателей реагирования пожарных подразделений;

- повышение достоверности информации о состоянии сил и средств, используемой вышестоящими уровнями для принятия решений.

При этом оценки повышения эффективности ГПС за счет фактора проверок желательно иметь в конечных показателях ущерба, например, в процентах уменьшения прямого материального ущерба $u_{\text{д}}$ (с учетом дефлятора), количества погибших R_1 и травмированных Q_1 людей. Инструменты проверок имеют две большие составляющие: внешние проверки (проводятся вышестоящими или вневедомственными организациями) и внутренние проверки (проводятся службами внутреннего контроля).

Важную роль в обеспечении нормативных значений временных характеристик реагирования подразделений играют обучение и тренировки личного состава. В математической теории обучения/забывания существуют модели, отражающие текущий уровень степени обученности персонала. Уровень сохраненных знаний и навыков, как показано в ряде исследований [5], в периоды между моментами обучения, убывает экспоненциально или в соответствии с другими монотонно убывающими функциями. Из этого следует, что при больших перерывах в тренировках и/или обучении навыки реагирования у личного состава могут снижаться, что приводит к ухудшению временных показателей реагирования и, соответственно, к росту показателей ущерба.

Проверки, в большей степени внешние, являются стимулирующим фактором для руководителей подразделений поддерживать показатели реагирования личного состава на должном уровне, в частности, путем тренировок и обучения. Различные варианты проверок и контроля могут привести эффективность реагирования отстающих подразделений до уровня передовых. В этом и заключается потенциал повышения эффективности реагирования пожарных подразделений. Далее приведена технология оценивания этого потенциала.

Статистический анализ. Для анализа использованы данные по городам регионов за 2016 год, опубликованные в статистических сборниках [6]. По основным временным показателям реагирования ($\tau_{\text{сообщ}}$, $\tau_{\text{приб}}$, $\tau_{1\ \text{ств}}$, $\tau_{\text{лок}}$, $\tau_{\text{лик.откр}}$, $\tau_{\text{лик.посл}}$) построены гистограммы распределений (плотности относительных частот) и выполнена их аппроксимация гамма-распределением с помощью метода наименьших квадратов (МНК) с использованием надстройки «Поиск решений» и встроенных функций ГАММА.РАСП(), ГАММА.ОБР() *MS Excel*:

$$f(\tau, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\tau^{\alpha-1}e^{-\frac{\tau}{\beta}},$$

где $\Gamma(\alpha)$ – гамма-функция Эйлера; α – параметр формы; β – параметр масштаба; τ - переменная - время реагирования. Параметры аппроксимации временных показателей реагирования приведены в табл. 1, а графики - на рис. 1.

Таблица 1 - Параметры аппроксимации временных показателей

τ, мин	α	β	Среднее значение	СКО	Квантили γ-распределения							
					0,01	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,95
$\tau_{сообщ}$	9,15	0,14	1,29	0,43	**0,51**	**0,68**	**0,78**	**0,92**	**1,03**	**1,14**	**1,24**	**2,06**
$\tau_{приб}$	39,53	0,15	5,77	0,92	**3,85**	**4,35**	**4,63**	**4,99**	**5,26**	**5,49**	**5,72**	**7,36**
$\tau_{1\ ств}$	84,31	0,01	1,09	0,12	**0,83**	**0,90**	**0,94**	**0,99**	**1.02**	**1,06**	**1,09**	**1,29**
$\tau_{лок}$	7,72	0,68	5,27	1,90	**1,87**	**2,58**	**3,03**	**3,65**	**4,14**	**4,59**	**5,05**	**8,73**
$\tau_{лик.откр}$	8,35	0,69	5,72	1,98	**2,13**	**2,90**	**3,38**	**4,03**	**4,54**	**5,02**	**5,50**	**9,32**
$\tau_{лик.посл}$	2,94	7,46	21,93	12,79	**3,10**	**5,87**	**7,95**	**11,12**	**13,90**	**16,63**	**19,50**	**46,28**

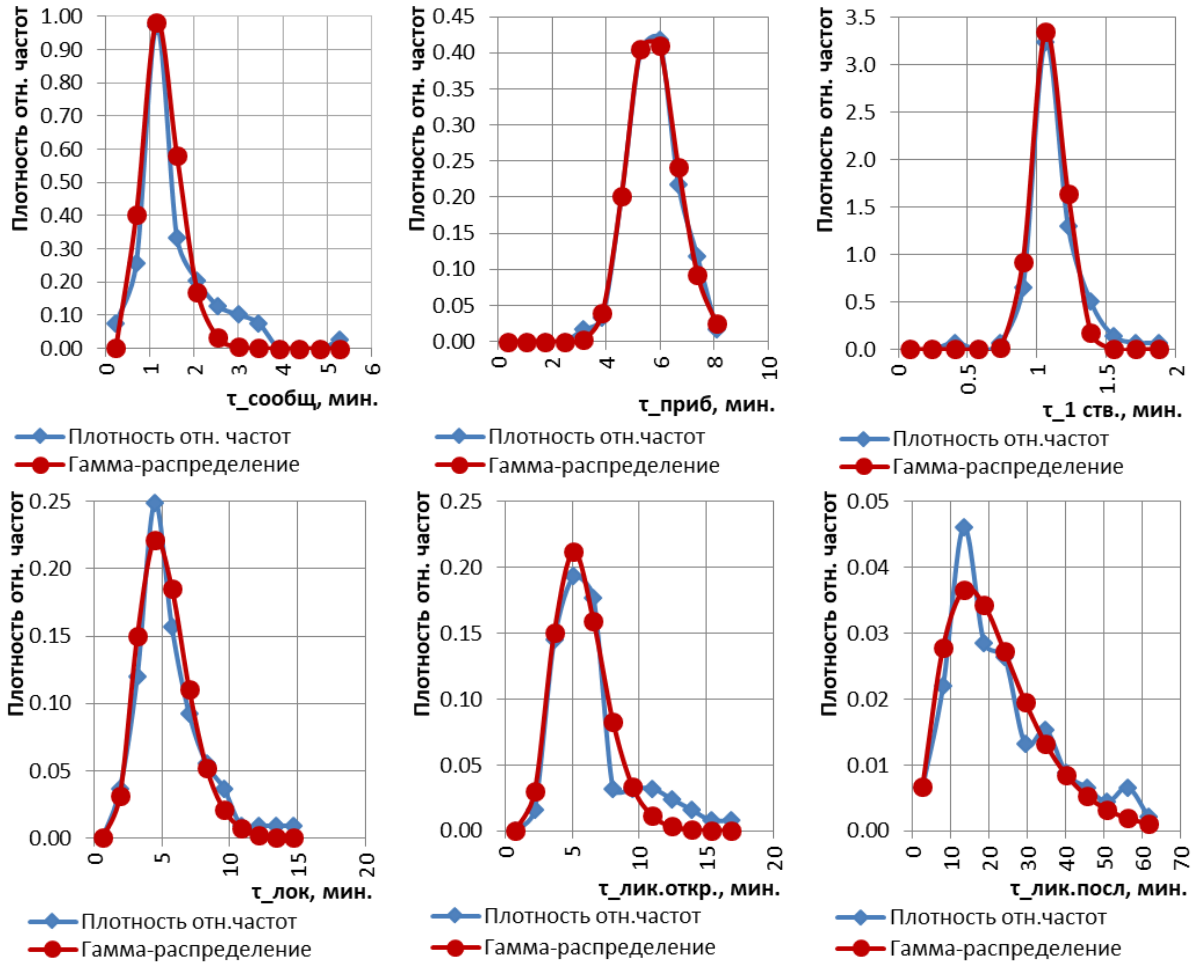


Рис. 1 - Аппроксимация времени реагирования гамма-распределением

В табл. 1 приведены параметры α, β, обеспечивающие точность приближения статистических данных с погрешностью, не превышающей 1%. Там же приведены средние значения и среднеквадратические отклонения (СКО) гамма-распределений, а также, для ряда уровней интегральной функции γ-распределения, соответствующие им квантили каждого из распределений (меньшим значениям γ соответствуют меньшие значения времени реагирования).

Значения времени реагирования отражают, насколько быстро пожарные подразделения реагируют на возникающие пожары. Можно предположить, что время реагирования определяется уровнем подготовленности (обученности) личного состава, состоянием техники и инфраструктуры. А значит, одни регионы обеспечивают быстрое реагирование, а в других - временные характеристики ниже средних.

В терминах параметров распределений, приведенных на рис. 1, можно говорить, что *проведение проверок и внутреннего контроля может способствовать улучшению показателей реагирования подразделений отстающих регионов до уровня показателей наиболее передовых*. Конкретные значения временных характеристик, соответствующих различным уровням эффективности реагирования регионов, можно поставить в соответствие уровню γ квантиля распределения. Так уровню γ=0,01 соответствуют близкие к оптимальным значения времени реагирования, значению γ=0,05 - менее эффективные и т.п. Значения γ - квантилей (*шесть соответствующих показателей времени реагирования* τ_i) для сетки значений параметра γ приведены в табл. 1 (выделены жирным шрифтом).

Значения показателей ущерба, приведенные в статистических сборниках [6], соответствуют средним значениям временных характеристик. Поэтому мероприятия по проверке готовности подразделений и связанная с этим дополнительная подготовка личного состава может повысить показатели времени реагирования от нынешних средних до показателей передовых регионов, обеспечивающих малые значения времени реагирования, соответствующие уровням квантилей $\gamma \in [0{,}01; 0{,}5]$.

Оценивание потенциала повышения эффективности. Имея аппроксимации гамма-распределениями статистических данных о *времени реагирования* подразделений пожарной охраны для различных регионов, а также принимая во внимание регрессионные зависимости между *ними* и *показателями ущерба*, можно оценить, насколько снизится ущерб, если во

всех регионах (за счет проверок и контроля) показатели реагирования улучшатся до уровня передовых регионов. Очевидно, чем меньше значение γ, тем более передовым, по времени реагирования является регион.

По данным статистических сборников [6] построены модели парной регрессии, имеющие следующий общий вид для городов в 2016 году:

$$u_д(\tau_i) = a_0 + a_1\tau_i,$$

$$R_2(\tau_i) = b_0 + b_1\tau_i,$$

$$Q_2(\tau_i) = c_0 + c_1\tau_i,$$

где: τ_i - i-й показатель, отражающий время реагирования подразделений ($\tau_{\text{сообщ}}, \tau_{\text{приб}}, \tau_{1\text{ ств}}, \tau_{\text{лок}}, \tau_{\text{лик.откр}}, \tau_{\text{лик.посл}}$); a_j, b_j, c_j - j-й коэффициент уравнения парной регрессии, $j \in \{0; 1\}$.

Значения коэффициентов регрессии для трех показателей ущерба приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Коэффициенты парной регрессии

Показатели ущерба	$\boldsymbol{a_0}$	$\boldsymbol{a_1}$	**Показатели ущерба**	$\boldsymbol{b_0}$	$\boldsymbol{b_1}$	**Показатели ущерба**	$\boldsymbol{c_0}$	$\boldsymbol{c_1}$
$\boldsymbol{u_д(\tau_{\text{сообщ}})}$	41,67	61,30	$R_1(\tau_{\text{сообщ}})$	3,73	0,90	$Q_1(\tau_{\text{сообщ}})$	7,85	0,19
$\boldsymbol{u_д(\tau_{\text{приб}})}$	-425,19	93,12	$R_1(\tau_{\text{приб}})$	-3,99	1,51	$Q_1(\tau_{\text{приб}})$	6,16	0,33
$\boldsymbol{u_д(\tau_{1\text{ ств}})}$	-140,22	248,47	$R_1(\tau_{1\text{ ств}})$	0,76	3,90	$Q_1(\tau_{1\text{ ств}})$	7,33	0,74
$\boldsymbol{u_д(\tau_{\text{лок}})}$	36,61	17,13	$R_1(\tau_{\text{лок}})$	3,66	0,25	$Q_1(\tau_{\text{лок}})$	7,80	0,06
$\boldsymbol{u_д(\tau_{\text{лик.откр}})}$	-1,86	21,22	$R_1(\tau_{\text{лик.откр}})$	3,22	0,29	$Q_1(\tau_{\text{лик.откр}})$	7,68	0,07
$\boldsymbol{u_д(\tau_{\text{лик.посл}})}$	454,62	-13,52	$R_1(\tau_{\text{лик.посл}})$	10,28	-0,22	$Q_1(\tau_{\text{лик.посл}})$	9,15	-0,04

Как видно в табл. 2, показатели наклона (a_1, b_1, c_1) у всех моделей, кроме зависящих от времени $\tau_{\text{лик.посл}}$, положительны (т.е. при уменьшении времени реагирования снижается и ущерб). А для $\tau_{\text{лик.посл}}$ при уменьшении его значения ущерб возрастает. Причем эта тенденция имеет место не только для *города*, но сохраняется (как показали исследования) и для других групп данных (*село* и *все*). А это можно интерпретировать так, что по показателю $\tau_{\text{лик.посл}}$ наилучшим регионам соответствуют не меньшие значения квантилей гамма-распределений, а большие (0,99; 0,95; и т.д.). Поэтому для оценивания ущерба были использованы только первые пять (из шести, т.е. кроме $\tau_{\text{лик.посл}}$) группы уравнений регрессии, связывающие показатели $u_д, R_1, Q_1$ с показателями времени реагирования $\tau_{\text{сообщ}}$, $\tau_{\text{приб}}$, $\tau_{1\text{ ств}}$, $\tau_{\text{лок}}$, $\tau_{\text{лик.откр}}$.

Таким образом, для построения оценки каждого из показателей $u_д, R_1, Q_1$ имеется пять уравнений регрессии. Для уменьшения методической погрешности вычислены значения показателя ущерба по всем пяти группам уравнений, а затем определены средние значения оценок.

Результаты вычисления *процентов снижения показателей ущерба относительно средних значений гамма-распределений* при различных уровнях γ квантилей приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Оценки показателей ущерба

Уровень γ	**0,01**	**0,05**	**0,10**	**0,20**	**0,30**	**0,40**	**0,50**	**Средние значения гамма-распред.**
$u_д$ среднее	37,00	57,45	69,46	85,10	97,15	107,97	118,53	121,96
$u_д$, % улучшения	**69,66**	**52,89**	**43,04**	**30,22**	**20,34**	**11,47**	**2,81**	0
R_1 среднее	3,60	3,91	4,10	4,34	4,52	4,69	4,85	4,90
R_1, % улучшения	**26,54**	**20,12**	**16,35**	**11,46**	**7,70**	**4,33**	**1,04**	0
Q_1 среднее	7,81	7,88	7,92	7,97	8,01	8,05	8,09	8,10
Q_1, % улучшения	**3,53**	**2,68**	**2,18**	**1,53**	**1,03**	**0,58**	**0,14**	0

Выводы

Потенциал повышения эффективности реагирования за счет снижения видов ущерба, *относительно средних значений* (по данным 2016 г.) в городах составляет, соответственно:

- для прямого материального ущерба ($u_д$) на величину около 70% (на 85 тыс. руб. на один пожар);
- для количества погибших людей (R_1) - около 27% (на 1,3 человек на 100 пожаров);
- для количества травмированных (Q_1) - около 4% (на 0,3 человек на 100 пожаров).

Этот потенциал может быть реализован за счет повышения готовности, в том числе квалификации, отстающих регионов. Стимулирующим фактором для этого может служить оптимальная организация и проведение внутреннего контроля и внешних проверок готовности подразделений, направленных на снижение риска неготовности при выполнении боевых задач.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. N 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (с изменениями и дополнениями). URL: https://base.garant.ru/186620/ (дата обращения

15.12.2020).
2. Приказ МЧС России № 452 от 20.10.2017 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны». URL: https://fireman.club/inseklodepia/karaulnaya-sluzhba-pozharnoy-ohranyi/.
3. Пожарные риски: динамика, управление, прогнозирование. Под ред. Н.Н. Брушлинского, Ю.Н. Шебеко. М.: ВНИИПО. 2007. 370 с.
4. Вилисов В.Я., Суков И.Е. Инструменты внутреннего контроля. 2016. М.: ИНФРА-М. 262 с.
5. Безродная Г.В., Севостьянов Д.А., Чельцов М.В. Педагогический контроль: инверсия целей и средств // Высшее образование в России. 2012. № 1. С. 31–37.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2016 г. // Статистический сборник. М: ФГУ ВНИИПО. 2017. 124 с.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ОДНОРОДНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОЖАРАХ

Степанов Егор Владимирович (stepanov9619@mail.ru),
Топольский Николай Григорьевич (ntopolskii@mail.ru),
Вилисов Валерий Яковлевич (stepanov9619@mail.ru)

Для выявления статистических зависимостей показателей ущерба от показателей времени реагирования пожарных подразделений важным является однородность (стационарность, гомоскедастичность) выборки. В работе показано, что официальные статистические данные о пожарах принадлежат двум кластерам, разделенным 2009-2011 годами, с учетом чего и построены регрессионные модели.

Ключевые слова: ущерб, время реагирования, кластерный анализ, регрессионная модель.

CLUSTER ANALYSIS OF THE UNIFORMITY OF FIRE STATISTICS

Stepanov Yegor Vladimirovich (stepanov9619@mail.ru),
Topolsky Nikolay Grigoryevich (ntopolskii@mail.ru),
Vilisov Valery Yakovlevich (stepanov9619@mail.ru)

To identify statistical dependences of damage indicators on indicators of response time of fire departments, it is important to homogeneity (stationarity, homoscedasticity) of the sample. The paper shows that the official statistics on fires belong to two clusters separated by 2009-2011, taking into account that the regression models were built.

Keywords: damage, response time, cluster analysis, regression model.

Введение. Статистические данные о пожарах [1] содержат разнообразные сведения о параметрах пожаров – о временных характеристиках, причиненном материальном ущербе, погибших и пострадавших людях, а также другие виды ущерба. Вся эта многообразная статистика представлена в различных разрезах с учетом тех или иных факторов, сопутствующих пожарам. Конечно, в этом огромном массиве данных на различных фазах его формирования вносится и значительное количество искажений, обусловленных человеческим фактором, неизбежно участвующим на всех фазах измерения, регистрации, обработки, обобщения и представления данных. Так, даже одни и те же характеристики, представленные в статистических сборниках разных лет, могут отличаться. Однако большой объем данных, обладая определенной избыточностью, позволяет при анализе существенно снизить негативное влияние разнообразных ошибок. Но кроме мелких ошибок статистические данные могут отражать и существенные факторы, приводящие к существенным неоднородностям в данных. К таким факторам относятся, в частности, изменения в нормативных документах, реагирование на которые может приводить к изменениям в статистической структуре данных. Такие изменения могут быть неочевидны и выявляются только в результате статистического анализа.

В данной работе решается задача построения регрессионных зависимостей трех показателей ущерба (прямого материального ущерба u, количества погибших R_2 и травмированных Q_2 людей в 100 пожарах) от времени прибытия первого пожарного подразделения на пожар [2]. Данные о прямом материальном ущербе скорректированы на величину инфляции путем введения дефлятора, приводящего стоимостные оценки к сопоставимым значениям на начало 2018 года. При этом анализируются выборки данных, опубликованные в статистических сборниках за 2003-2017 гг. [1]. С помощью кластерного анализа показано, что выборки неоднородны (нестационарны) и для корректного регрессионного анализа следует использовать данные за 2011-2017 гг.

Предварительный анализ данных. Поскольку рассматриваются выборки статистических данных в хронологической последовательности (по годам), то для корректности анализа показатель прямого материального ущерба, представленный в статистических сборниках в текущих ценах, преобразуем к сопоставимым по годам ценам с помощью *дефлятора*.

В табл. 1 приведены данные анализируемой выборки [1], где данные

среднего прямого материального ущерба представлены в сопоставимых по годам ценах (т.е. с применением дефлятора - $u_д$) в ценах на 1.01.2018 года.

Таблица 1 - Выборка пожарной статистики для времени реагирования (среднего времени прибытия 1-го пожарного подразделения к месту пожара) и показателей ущерба

Год	Время прибытия 1-го пожарного подразделения			Прямой мат. ущерб			Кол. погибш. на 100			Кол. травмир. на 100		
	Все	Гор.	Село	Все	Гор.	Село	Все	Гор.	Село	Все	Гор.	Село
2003	11,82	8,44	19,37	64,8	59,6	75,3	8,1	6,8	10,7	5,9	6,2	5,2
2004	12,02	8,55	19,64	83,7	83,4	84,4	8,1	6,8	10,7	5,9	6,3	5,2
2005	12,18	8,56	19,67	86,2	85,6	87,5	8,0	6,8	10,3	5,8	6,2	5,1
2006	12,42	8,59	20,02	102,7	106,5	95,7	7,8	6,8	9,8	6,1	6,8	5,0
2007	12,06	8,38	19,24	100,3	91,6	116,3	7,6	6,2	10,0	6,4	6,9	5,5
2008	11,71	8,16	18,41	132,7	138,6	122,0	7,6	6,5	9,5	6,4	6,8	5,6
2009	10,12	7,12	15,01	115,5	120,5	107,3	7,4	6,3	9,3	7,1	7,8	5,8
2010	9,57	6,86	13,81	144,3	115,6	189,9	7,3	6,2	9,0	7,3	8,2	6,0
2011	9,08	6,66	12,87	176,6	202,1	135,5	7,1	5,9	9,1	7,4	8,2	6,1
2012	8,76	6,5	12,18	148,5	168,6	116,8	7,2	5,9	9,2	7,5	8,4	6,1
2013	8,4	6,29	11,59	140,2	141,2	138,7	6,9	5,6	8,9	7,3	8,1	5,9
2014	8,36	6,24	11,4	164,4	189,0	128,3	6,7	5,5	8,5	7,3	8,3	5,8
2015	8,21	6,08	11,24	187,8	198,3	172,1	6,4	5,2	8,2	7,5	8,2	6,5
2016	8,13	6,09	10,99	103,9	92,0	121,5	6,3	5,2	7,8	7,1	8,1	5,6
2017	8,17	6,08	11,08	109,4	124,3	88,3	5,9	4,8	7,4	7,0	8,1	5,6

Для выявления зависимостей выходных показателей ущерба (u, R_1, Q_1) от входных (факторов), в качестве которых выступают показатели времени реагирования пожарных подразделений, проведен подробный анализ свойств таких зависимостей на примере фактора времени прибытия на пожар первого пожарного подразделения ($\tau_{\text{приб}}$). Для построения искомых зависимостей использован стандартный инструментарий регрессионного анализа [3]. С этой целью по данным табл. 1 (для всех пожаров) представлены соответствующие данные (рис. 1), в которых по горизонтальной оси отложены значения фактора $\tau_{\text{приб}}$, а по

вертикальной оси (основной и вспомогательной) – значения $u, u_д, R_1, Q_1$. Там же приведены и регрессии (в них $\tau_{приб} \triangleq \tau$) по каждому из показателей ущерба.

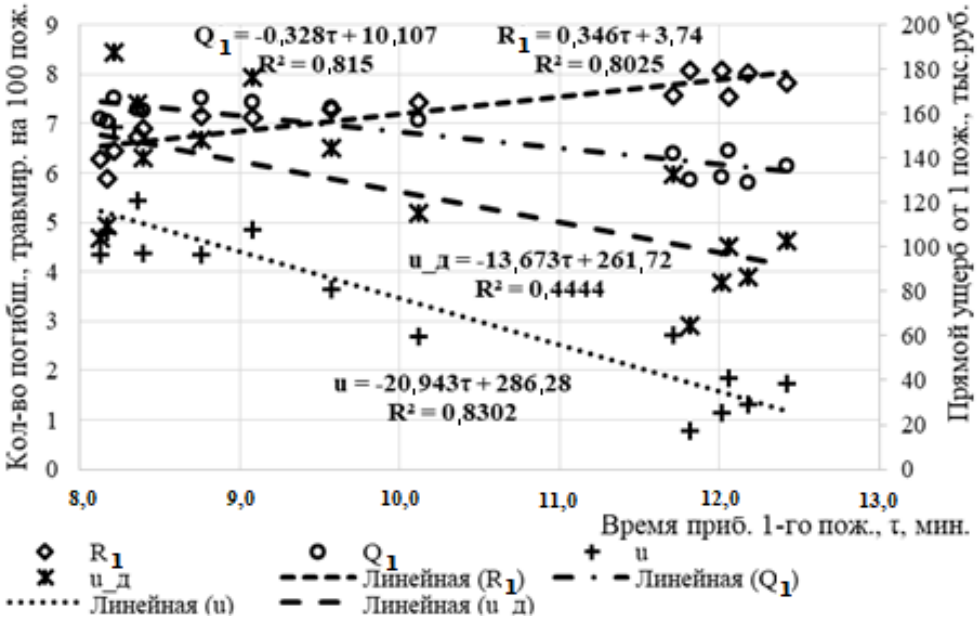


Рис. 1 - Зависимости показателей ущерба от времени прибытия первого пожарного подразделения, а также их линейные тренды

По рис. 1 и характеристикам трендов можно заключить следующее:

1. Использование в анализе данных прямого материального ущерба в текущих ценах позволяет построить более адекватную линейную модель ($R^2 = 0.83$) чем в случае сопоставимых цен ($R^2 = 0.44$). Однако это может быть обусловлено тем, что применение дефлятора делает зависимость от времени (по годам) более нелинейной, что дает основание при дальнейшем анализе рассмотреть варианты аппроксимации зависимости $u_д(\tau_{приб})$ полиномиальной регрессионной моделью. В дальнейшем анализе будем использовать показатель прямого материального ущерба в сопоставимых ценах ($u_д$), что придаст большую обоснованность результатам и выводам исследования.

2. Построенные по выборке данных за 2003-2017 гг. линейные уравнения регрессии $u_д(\tau_{приб})$, $R_1(\tau_{приб})$ и $Q_1(\tau_{приб})$ имеют некоторые «странности», не поддающиеся логическому объяснению и противоречащие здравому смыслу. Так, первая и третья из этих функций убывают по мере увеличения $\tau_{приб}$, т.е. получается, чем дольше едет пожарное подразделение на пожар, тем в среднем меньше прямой материальный ущерб и тем меньше число людей, травмированных на

пожаре. При этом количество людей, погибших на пожаре, растет по мере роста времени прибытия первого пожарного подразделения. Этот тренд не противоречит здравому смыслу.

Парадокс убывания функций $u_{\text{д}}(\tau_{\text{приб}})$, и $Q_1(\tau_{\text{приб}})$ частично можно объяснить, на наш взгляд, *нестационарностью временного ряда* наблюдений, взятых из сборников официальной пожарной статистики и приведенных в табл. 1. Но остается открытым вопрос о том, почему $R_2(\tau_{\text{приб}})$ ведет себя иначе по сравнению с $u_{\text{д}}(\tau_{\text{приб}})$, и $Q_2(\tau_{\text{приб}})$.

Нестационарность может проявляться в том, что с 2009 года вступил в силу новый Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [4], в котором была регламентирована максимальная величина времени прибытия $\tau_{\text{приб}}$ для города - 10 минутами, а для сельской местности – 20 минутами.

Кластерный анализ. Проверена гипотеза нестационарности с помощью инструментария кластерного анализа. Существует достаточно много методов кластерного анализа. Наиболее часто используются на практике метод иерархической кластеризации и метод K-средних, которые и были использованы для анализа.

Для проведения кластерного анализа выполнено нормирование координат точек на плоскости время реагирования - показатель ущерба и для анализа был использован программный комплекс Statistica [5]. Кластерный анализ позволил построить оценки координат центров двух кластеров, соответственно: $\bar{\mu}^1 = [11{,}76 \quad 97{,}99]^T$ и $\bar{\mu}^2 = [8{,}59 \quad 146{,}90]^T$, где T - символ транспонирования.

Полученные результаты имеют высокий уровень значимости т.к. по критерию Фишера он не превышает величину $\alpha = 0{,}05$.

Кластерный анализ показал, что в каждом из двух кластеров существует по одной точке, находящейся между ними. Эти точки соответствуют 2009 г. и 2010 г. Для анализа закономерностей по данным каждого из этих кластеров представляется целесообразным исключить из рассмотрения эти две точки. Их промежуточное положение можно объяснить переходным периодом, когда новый Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 2008 года [4] вступил в силу, но фактически в показателях реагирования переход на него не был мгновенным, а процесс организационной перестройки и переобучения личного состава продолжался (как видно из статистики наблюдений) порядка двух лет.

Выявление зависимости видов ущерба от времени прибытия первого пожарного подразделения. Проведенный кластерный анализ показал, что для получения корректных зависимостей следует рассматривать лишь те статистические данные, которые относятся к периоду 2011-2017 гг.

На рис. 2 приведены выборки данных для $u_д(\tau_{приб})$, $R_1(\tau_{приб})$ и $Q_1(\tau_{приб})$ по всем пожарам за период 2011-2017 гг. Там же показаны линии тренда (парная линейная регрессия) для каждого из рассматриваемых показателей ущерба.

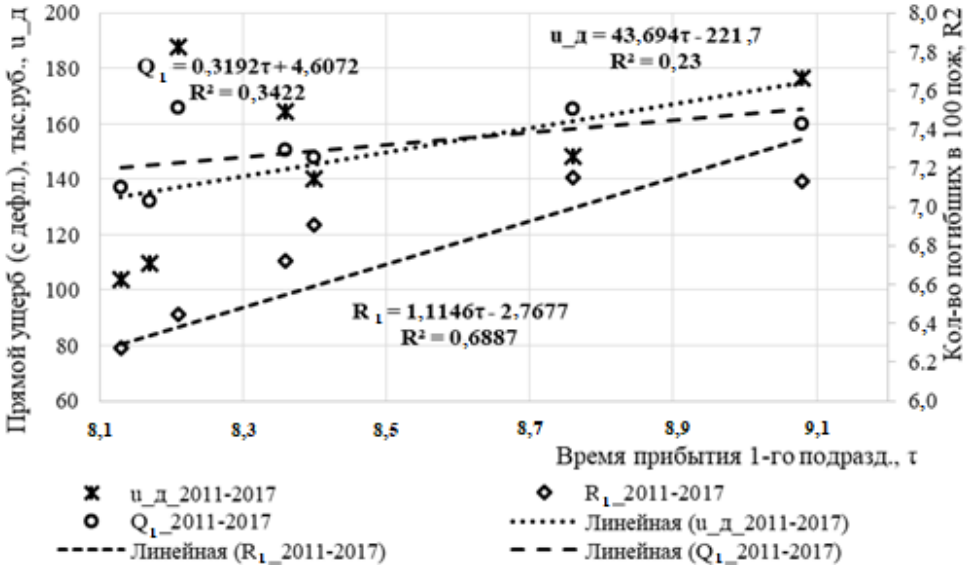


Рис. 2 - Данные наблюдений $u_д(\tau_{приб})$, $R_1(\tau_{приб})$ и $Q_1(\tau_{приб})$ по всем пожарам за период 2011-2017 гг.

Как видно из диаграммы, исключение фактора нестационарности за счет отбрасывания данных, полученных ранее в 2011 г., привело к получению зависимостей, не противоречащих здравому смыслу – увеличение времени прибытия первого пожарного подразделения приводит к росту всех трех показателей ущерба от пожара. Полученные уравнения регрессии имеют вид:

$$u_д = -221{,}7 + 43{,}694\tau_{приб};$$

$$R_1 = -2{,}7677 + 1{,}1146\tau_{приб};$$

$$Q_1 = 4{,}6072 + 0{,}3192\tau_{приб}.$$

Регрессионный анализ показал, что коэффициенты детерминации

построенных уравнений не высоки. Это можно объяснить такими причинами, как малый объем выборки, наличие факторов, не вошедших в модели, но существенно влияющих на показатели ущерба от пожаров.

Выводы

Кластерный анализ позволил выявить нестационарность временных рядов наблюдений на интервале 2003-2017 гг., причем все данные разделяются на два явных кластера с границей 2008-2011 гг.

Построенные по второму кластеру данных уравнения парной регрессии отражают тенденцию снижения ущерба при уменьшении времени реагирования (в частности, прибытия первого пожарного подразделения). Эти уравнения значимы с уровнями значимости соответственно $\alpha_{u_д} = 0{,}28$; $\alpha_{R_1} = 0{,}02$; $\alpha_{Q_1} = 0{,}17$, что позволяет использовать их в целях прогнозирования. Однако, коэффициенты этих уравнений не все значимы (с уровнем значимости $\alpha = 0{,}05$), что не позволяет использовать их в целях анализа чувствительности отклика к изменениям того или иного фактора, что, однако, для парной регрессии и не является существенным.

Построенные модели могут служить основой для расчета эффекта (видов ущерба) от уменьшения времени прибытия первого пожарного подразделения $\tau_{\text{приб}}$. Поскольку все три уравнения регрессии линейны, то коэффициенты при переменной $\tau_{\text{приб}}$ и определяют тот эффект в единицах измерения показателей, который может быть достигнут при уменьшении (или увеличении) фактора $\tau_{\text{приб}}$. Так при уменьшении времени прибытия первого пожарного подразделения $\tau_{\text{приб}}$ на одну минуту (для всех пожаров):

- средний прямой материальный ущерб от одного пожара сократится на 43,7 тыс. руб.;
- среднее количество погибших людей на 100 пожаров сократится на 1,1 человек;
- среднее количество травмированных людей на 100 пожаров сократится на 0,3 человек.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 г. [Текст] // Статистический сборник. М: ФГУ ВНИИПО. 2017. 124 с.

2. Брушлинский Н.Н. Соколов С.В. Математические методы и модели управления в ГПС и РСЧС [Текст]. М.: АГПС МЧС России. 2011. 250 с.

3. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ [Текст]. М.: Мир. 1980. 456 с.

4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон РФ от 22.07.2008 №123-ФЗ [Текст] // Российская газета. 2008. №163.

5. Боровиков В.П. Statistica: искусство анализа данных на компьютере [Текст]. СПб.: Питер. 2001. 656 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАСХОДА КОМПРЕССИОННОЙ ПЕНЫ ОТ КРАТНОСТИ ПРИ ПОДАЧЕ ПО НАСОСНО-РУКАВНЫМ СИСТЕМАМ

Гумиров Андрей Сергеевич (romb55cool2014@yandex.ru),
Стругов Александр Олегович (strugov1994@mail.ru)

В статье описан метод измерения кратности, массового расхода при подаче по насосно-рукавным системам компрессионной пены.

Ключевые слова: Компрессионная пена, кратность, массовый расход.

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE COMPRESSION FOAM FLOW RATE ON THE MULTIPLICITY WHEN FEEDING THROUGH PUMP-BAG SYSTEMS

Gumirov Andrey Sergeyevich (romb55cool2014@yandex.ru),
Strugov Aleksandr Olegovich (strugov1994@mail.ru)

The article describes a method for measuring the multiplicity, mass flow rate when feeding compression foam through pump-bag systems.

Keywords: comprescompression foam, multiplicity, mass flow rate.

С развитием науки разрабатываются новые средства пожаротушения. Одним из новых пенных средств тушения является компрессионная пена. Компрессионная пена – это пена, получаемая при принудительном вспенивании водного раствора пенообразователя сжатым воздухом, которая затем поступает на тушение пожара [1]. Такую пену, протекающую по пожарным рукавам, нужно оценивать не как одномерную жидкость, а как двухфазную. Для получения интенсивности охлаждения пеновоздушной смеси, необходимо знать гидродинамические параметры: расход и давление [2]. Это нужно для определения возможности подачи огнетушащих веществ подразделениями пожарной охраны в условиях реальных пожаров. Учеными +Академии ГПС МЧС России проводились

натурные эксперименты по определению массового расхода компрессионной пены при различном соотношении ее компонентов.

На территории пожарно-спасательной части г. Москвы был проведен натурный эксперимент по определению массового расхода компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам от соотношения ее компонентов. В начале эксперимента проводили измерения массы пластиковых емкостей различного объема.

От машины с двухканальной пневматической пеногенерирующей установкой получения и подачи компрессионной пены была проложена рукавная линия длинной 20 метров.

На ровной поверхности были установлены платформенные весы для измерения массы емкости с компрессионной пеной объемом 40 и 200 литров.

Порядок проведения натурного эксперимента был следующий [3].

1) Производился запуск установки подачи компрессионной пены при заданных соотношениях от 2 до 20 [4].

2) При проведении эксперимента параметры кратности компрессионной пены принимались согласно показателям системы дозирования пожарного автомобиля. С помощью установки получения и подачи пеновоздушной смеси устанавливалась кратность 2, 10, 20.

3) С помощью специального перекрывного ствола производилась проливка рукавной линии при рабочем давление 0,5 МПа, для стабилизации подачи потока компрессионной пены (см. рисунок 1).



Рис. 1 – Проливка пеногенерирующей установки подачи компрессионной пены перед экспериментом для стабильной работы

4) После, без перекрывания ствола производится заполнение пластиковой емкости компрессионной пеной и одновременно фиксируется время начала подачи.

5) Заполнение компрессионной пеной емкости производится до определенной отметки. После этого ствол перекрывается и время останавливается (см. рисунок 2).

Порядок действий повторяется 5-6 раз для разных соотношений компонентов компрессионной пены.



Рис. 2 – Проведение натурных экспериментов по определению массового расхода компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам на территории пожарно-спасательной части г. Москвы

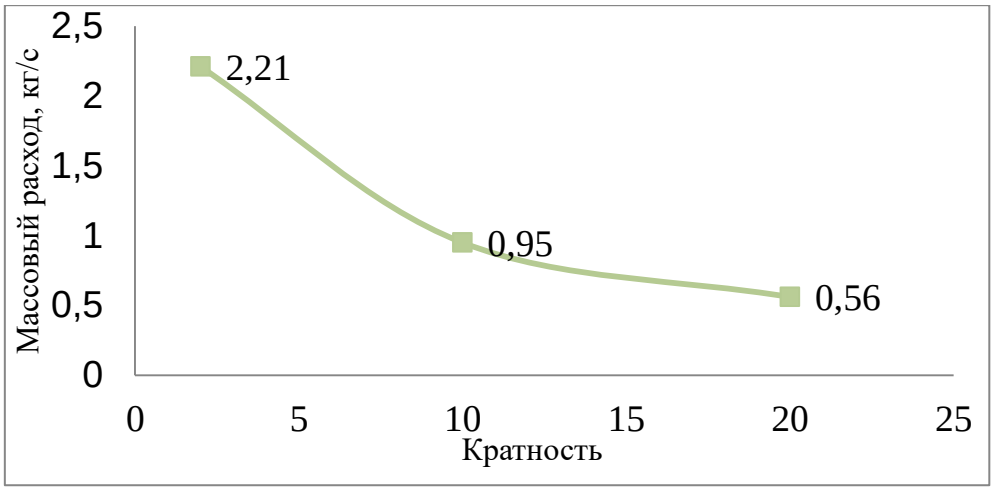


Рис. 3 – Экспериментальные данные массового расхода компрессионной пены в зависимости от соотношения ее компонентов

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что с увеличением кратности компрессионной пены массовый расход уменьшается. Так же стоит отметить, что в ходе проведения экспериментальных исследований не производилась оценка кратности получаемой компрессионной пены на выходе из ствола. Проведение дальнейших исследований позволит оценить параметры интенсивности охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур.

Литература

1. Brinkley J. Capabilities and limitations of compressed air foam systems (CAFS) for structural firefighting / Brinkley J., Depew R. // The Fire Protection Research Foundation. – 2012. – 58 s.

2. Камлюк А.Н., Навроцкий О.Д., Грачулин А.В. Тушение пожаров пеногенерирующими системами со сжатым воздухом / А.Н. Камлюк, О.Д. Навроцкий, А.В. Грачулин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, Т.1, 2017г. №1, – С. 44-53.

3. C.A. Dicus, T. Korman, C. Grant, S. Lohr, D. Madrzykowski, F. Mowrer, C. Pascual, and D. Turner. Compresseed air foam and structural firefighting research. Fire Engineering, 166(7):65–69, 2013.

4. Proportioning Systems [Электронный ресурс] //Rosenbauer: сайт. URL: http://www.rosenbauer.com.

ОСОБЕННОСТИ ВЗРЫВОВ БЫТОВОГО ГАЗА В ЖИЛЫХ ДОМАХ

Тимохин Василий Вячеславович (private006672@mail.ru)

В статье рассматриваются ключевые особенности аварийных взрывов бытового газа в жилых домах. Рассмотрен характер дефлаграционного взрыва и его влияние на поведение строительных конструкций здания, влияние вентиляции и параметров остекления на последствия и сценарий протекания аварии.

Ключевые слова: взрыв, бытовой газ, жилые дома.

FEATURES OF HOUSEHOLD GAS EXPLOSIONS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Timokhin Vasily Vyacheslavovich (private006672@mail.ru)

The article discusses the key features of emergency explosions of household gas in residential buildings. The nature of the deflagration explosion and its influence on the

behavior of building structures, the influence of ventilation and glazing parameters on the consequences and scenario of the accident are considered.

Keywords: Explosion, Household gas, Residential buildings.

Жилые многоквартирные дома в настоящее время являются одними из самых взрывоопасных объектов. Данные АО «МОСГАЗ» говорят о том, что в настоящее время только в Москве газифицировано 24 088 жилых строений, что составляет порядка 57 % от общего числа жилых домов, в которых эксплуатируется 1 810 155 газовых плит, 126 335 газовых проточных водонагревателей (для горячего водоснабжения) и 6 190 газовых ёмкостных водонагревателей (для целей отопления) [1].

В настоящее время взрывы бытового газа в жилых домах на территории Российской Федерации явление нередкое. Зачастую подобные аварийные взрывы сопровождаются не только локальным возгоранием, но и приводят к разрушению квартир, обрушению целых этажей и подъездов жилых зданий.

Согласно статистике, предоставленной ВНИИПО МЧС России, за период с 2017 по 2020 год на территории Российской Федерации в жилых многоквартирных домах произошло 37 взрывов бытового газа (рис. 1), последствия которых следующие:

– пострадало 45 человек, в том числе 10 детей;
– погибло 13 человек, в том числе 1 ребенок (рис. 2).

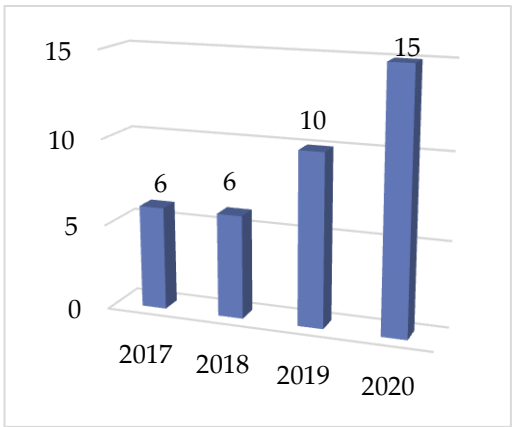


Рис. 1 - Количество взрывов

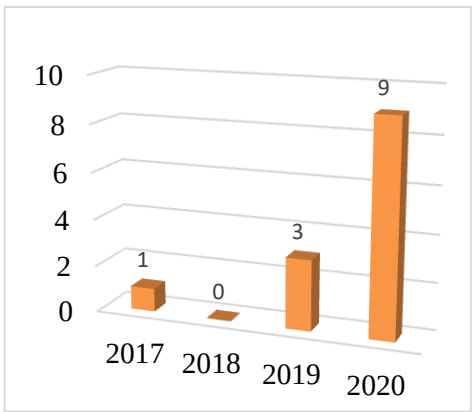


Рис. 2 - Динамика числа погибших

При этом следует отметить, динамика количества взрывов газа остается на постоянном повышении относительно прошлого года.

Стоит сказать о том, что такое бытовой газ. По существу, бытовой газ – это смесь природных газов. В частности, в состав входит метан (CH_4), процентное содержание которого составляет от 70 до 98 %, а также этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}). Возможно содержание

водорода (H_2), сероводорода (H_2S), диоксида углерода (CO_2), азота (N_2), гелия (He) и других инертных газов. Природный газ не имеет цвета, ни запаха. При использовании его в жилых домах, с целью быстрого определения потенциальной утечки в него добавляются специальные вещества с резким запахом – одоранты.

Переходя к рассмотрению особенностей взрывов газа в жилых домах, стоит сразу отметить, что взрывы бытового в жилых домах носят дефлаграционный характер, то есть происходит горение газовоздушной смеси, воспламенение которой возможно только при содержании горючего газа в смеси в определенных пределах, ограниченных нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени. Так, для метана величина НКПР составляет 4,4 % об., ВКПР – 17 % об. Скорость распространения пламени при дефлаграционном взрыве значительно меньше скорости звука, что позволяет говорить о проявлении так называемого принципа квазистатичности избыточного давления, что в свою очередь и является одной из особенностей внутреннего аварийного взрыва газа. Суть данного принципа состоит в том, избыточное давление в момент взрыва не зависит от пространственной координаты, а зависит только от времени. Именно поэтому многие специалисты не согласны с предлагаемой методикой расчета, основанной на энергетическом принципе и предполагающей перевод энергии внутреннего взрыва в тротиловый эквивалент с использованием выражений, характерных для конденсированных взрывчатых веществ.

Исходя из данных статистического анализа установлено, что значительное число человеческих жертв связано с потерей несущей способности и обрушением строительных конструкций. Известно, что действие взрыва на здание определяется величиной максимального давления, развивающегося при взрыве, и временем его действия. Различные конструкции здания в зависимости от назначения имеют различную прочность и при воздействии взрывной нагрузки разрушаются не одновременно. Как правило, действие импульса взрыва газовоздушной смеси выражается возникновением общих деформаций в здании в отличие от местных разрушений, характерных при действии взрыва концентрированных взрывчатых веществ.

Установлено, что наибольшие повреждения при взрывах газа получают именно кирпичные здания. Комаров А.А., говоря о данной особенности, объясняет это тем, что конструкции кирпичных зданий обладают высокой несущей способностью в вертикальном направлении, но практически не сопротивляются горизонтальным нагрузкам, характерным для взрыва. [2]. Примером подобной аварии служат драматические события, произошедшие 31 декабря 2018 года в городе Магнитогорске, где

в результате взрыва газа в жилом многоквартирном доме (первые два этажа сложены из кирпича, выше – стеновые бетонные блоки) произошло частичное обрушение подъезда. Предположительно, взрыв произошел на втором этаже.

Здесь стоит отметить преимущество домов панельного типа над домами с несущими, выполненными из кирпича. Дом панельного типа, как правило, собирают подобно конструктору, элементами которого являются ЖБ-плиты, с соединением компонентов посредством каркаса из арматуры. При возможном взрыве происходит не полное обрушение несущей конструкции, что случается при взрывах в зданиях с кирпичными стенами, а лишь «выдавливание» стеновой плиты (рис. 3).



Рис. 3 - Срыв плиты в доме панельного типа

Характер аварии зависит от множества различных факторов. Так, последствия определяются планировкой помещений жилого дома, параметрами оконного остекления, места внесения источника зажигания, а также положением проемов в момент взрыва. Так, если дверь, ведущая на кухню, в момент взрыва закрыта, то произойдет так называемый «хлопок», т.е. происходит быстрое сгорание смеси без разрушения строительных конструкций. Объясняется это тем, что происходит разрушение оконного остекления и переобогащенная смесь «выдавливается» через него (в данном случае возможен вторичный взрыв, но происходит он как правило в атмосфере, при подходе пламени к оконному проему).

При сценарии же с открытой дверью происходит перемещение, обогащение кислородом и турбулизация газовоздушной смеси в смежных с кухней помещениях, результатом чего является вторичный взрыв, который и причиняет основные разрушения зданию. Именно из-за этого зачастую дознаватели системы МЧС России ошибаются с выбором первоначального места взрыва, так как руководствуются теми же принципами, что и при установлении места очага пожара, т.е. смотрят на места наиболее сильных повреждений строительных конструкций.

В настоящее время значительное количество исследований посвящены влиянию современных стеклопакетов на сценарий протекания взрыва. Так, многие исследователи в данной области связывают разрушительные последствия взрыва именно с толщиной остекления и видят в этом одну из основных причин положительной динамики роста аварийных взрывов.

В частности, говорится о том, что окна, устанавливаемые в помещениях, играют роль сбросных отверстий и служат для защиты от разрушающего действия взрыва.

С другой стороны, многие исследователи говорят о невозможности использования оконных проемов как сбросных конструкций, так как современные стеклопакеты создаются в первую очередь для обеспечения комфорта проживающих, и особое внимание здесь уделяется здесь звукоизоляции, непродуваемости и ударопрочности. Для обеспечения данных условий необходимая толщина стекла должна составлять около 3-4 мм, что не позволяет говорить о роли оконных проемов как устройств для снижения избыточного давления взрыва. При наличии подобных стеклопакетов сценарий аварии характеризуется более серьезными и разрушительными последствиями, вплоть до потери несущей способности конструкций и разрушением здания.

Решению данной проблемы современных стеклопакетов посвящено множество различных работ. В частности, говорится об установке оконных рам с намеренно ослабленными деталями крепления, которые в случае взрыва разрушаются, тем самым «открывая» оконный проем и снижая давление взрыва.

На количество взрывов и характер последствий существенно влияет качество вентиляции. Так, согласно информации, предоставленной ВНИИПО МЧС России, количество взрывов увеличивается во время отключения отопления, то есть в весенний период (рис. 4). Комаров А.А. связывает это с тем, что в данный период температура наружного воздуха и температура внутри помещения (при закрытых проемах) равны между собой, что говорит о неудовлетворительном качестве вентиляции, что, в свою очередь, позволяет создать благоприятные условия для формирования взрывоопасной смеси даже при незначительной утечке газа [2].

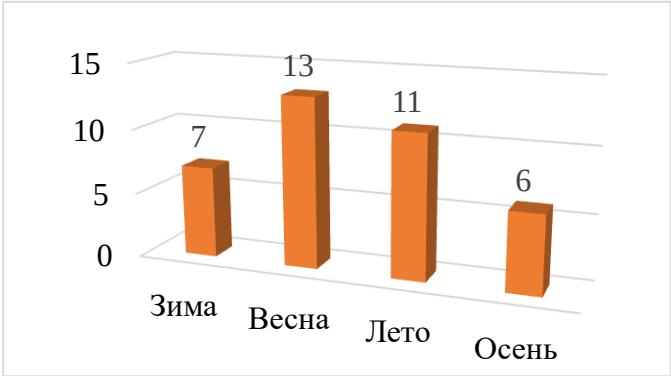


Рис. 4 - Взрывы по временам года

Таким образом, в рамках данной работы были рассмотрены ключевые особенности аварийных взрывов бытового газа в жилых домах. Показан характер дефлаграционного взрыва и его влияние на поведение строительных конструкций здания, влияние вентиляции и параметров остекления на последствия и сценарий протекания аварии.

Литература

1. Гасангаджиев Г. Высокотехнологичные инженерные разработки для энергетики Москвы // Русский инженер. 2014. № 3-4. С. 72. http://pressmk.ru/pdf/RI_3-42.pdf#6.

2. Мишуев А.В., Казенное В.В., Комаров А.А., Громов Н.В., Лукьянов А.В., Прозоровский Д.В. Особенности аварийных взрывов внутри жилых газифицированных зданий и промышленных объектов // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 3. С. 49-56.

3. Гимранов Ф.М. Оценка последствий взрыва бытового газа // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №5. С.150-151.

ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АВАРИЙ ПРИ ПРОИСШЕСТВИЯХ НА РЕЗЕРВУАРАХ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Афанасьев Евгений Александрович (salva47@mail.ru)

На примере аварий резервуаров вертикальных стальных цилиндрических, произошедших за последние 10 лет на российских производственных объектах хранения нефти и нефтепродуктов, показана опасность их разрушений. Рассмотрены технологии предотвращения таких чрезвычайных ситуаций для ряда резервуаров с заданными геометрическими характеристиками.

Ключевые слова: нефть, резервуарный парк, авария, волна прорыва, чрезвычайная ситуация, земляное обвалование, ограждающая стена.

TECHNOLOGIES FOR PREVENTING THE SPREAD OF ACCIDENTS IN CASE OF ACCIDENTS ON TANKS WITH OIL PRODUCTS

Afanasyev Yevgeny Aleksandrovich (salva47@mail.ru)

On the example of emergency vertical steel cylindrical tanks that have occurred over the past 10 years at Russian production facilities for oil storage and the danger of their destruction. Technologies for preventing such operations for a number of reservoirs with given geometric characteristics are considered.

Keywords: oil, oil tank, accident, breakthrough wave, emergency, earth bund, enclosing wall.

В настоящее время наибольшее распространение при хранении нефти и нефтепродуктов на объектах нефтегазовой отрасли как в странах СНГ, так и по всему миру, получили резервуары вертикальные стальные

(РВС). Вместе с тем, несмотря на многолетний опыт проектирования, строительства и эксплуатации РВС, включающий также и проектирование, разработку и внедрение различных систем противопожарной защиты, периодически на объектах защиты чрезвычайные происшествия, связанные с авариями, взрывами и пожарами. Согласно анализа собранной статистики по произошедшим событиям такого рода, наибольшую опасность представляли аварии с полным разрушением резервуара [1-4]. Волна прорыва из горящих нефтепродуктов, образующаяся при авариях такого рода, разрушает существующие нормативные ограждения и зачастую приводит к каскадному развитию аварии.

Так, из 150 случаев разрушений вертикальных стальных резервуаров на объектах советской и российской нефтяной промышленности в период с 1951 по 2010 гг. более половины составляли крупные аварии, 32 происшествия привели в совокупности к гибели 126 человек, 40% происходили с возникновением каскадного развития пожара и человеческим травматизмом [4]. Необходимо также отметить, что аналогичные происшествия неоднократно происходили и на зарубежных объектах нефтехранения [4-7], а общая тенденция аварий сохраняется и в настоящее время. Ниже представлены краткие описания аварий РВС, произошедших за последние 10 лет на российских производственных объектах хранения нефтепродуктов.

20 августа 2013 г. в 07 ч. 08 мин. на ЗАО ПК «Дитэко» в Иркутской области под Ангарском произошёл пожар в резервуаре объёмом 5000 м^3 3000 м^3 нефти (рис. 1) [5].



Рис. 1 - Фрагмент развития пожара в РВС-5000 м^3

Для тушения к месту происшествия были направлены 35 боевых расчётов пожарной охраны не только с близлежащих подразделений, но и

из Иркутска, а, помимо этого, железнодорожный пожарный поезд. С территории резервуарного парка проводилась эвакуация в общей сложности более 300 человек ЗАО «Дитэко» и близлежащих предприятий.

Вечером этого дня резервуар в ходе пожара разрушился от воздействия высоких температур, ожоги различной степени тяжести получили семеро участников тушения пожара. Общая площадь горящей разлившейся нефти составляла более 2000 м^2. В тушении пожара принимало участие более 150 человек и свыше 50 единиц техники. Тушение затрудняло нехватка источников противопожарного водоснабжения и запасов пенообразователя на объекте, а также отсутствие путей подъезда для спецтехники к месту горения. Ликвидировать пожар удалось только к середине дня 21 августа (рис. 2) [6].



Рис. 2 - Последствия пожара и разрушения РВС-5000 м^3

27 ноября 2014 г. на нижнетагильской нефтебазе «Газпромнефть» в вертикальном стальном резервуаре объёмом 5000 м^3 произошёл взрыв находившегося в нём бензина объёмом 2000 м^3. Из-за возникшего пожара резервуар частично разрушился, бензин, истекший через образовавшиеся отверстия в обвалование, воспламенился. В ходе происшествия один из сотрудников нефтебазы получил ожоги, в находящихся в непосредственной близости от резервуарного парка домах под воздействием взрывной волны были выбиты окна.

27 июля 2015 г. на той же самой нефтебазе произошёл взрыв паров бензина при его перекачке в резервуар объёмом 2000 м^3 из железнодорожных цистерн. В результате взрыва резервуар был частично разрушен, в площадь обвалования разлилось более 70 т горящего бензина общей площадью 400 м^2 (рис. 3) [7].



Рис. 3 - Фрагмент тушения пожара разлива бензина в обваловании и охлаждения соседних резервуаров нефтебазы

Причиной взрыва аварии являлись отсутствия заземления уровнемера на корпусе резервуара и наличие блуждающих токов, превысивших допустимую норму образования электростатических зарядов при наливе нефтепродукта. Это привело к накоплению зарядов статического электричества и искрообразованию. К ликвидации аварии было привлечено более 80 человек, 25 единиц техники, в том числе пожарный поезд. В результате аварии были разрушены резервуар, приёмный и выпускной трубопроводы, ограждения кровли рядом стоящего резервуара, деформированы участки трубопроводов. Экономический ущерб составил более 7,8 млн руб.

21 мая 2014 г. в резервуарном парке УПН «Уса» ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» ТПП «ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз» произошёл взрыв в резервуаре объемом 5000 м^3, который повлек его разрушение и возгорание нефти. Постепенно огонь перешёл ещё на два соседних резервуара.

Причина взрыва паров нефти – термическое воздействие, вызванное самовоспламенением пирофорных отложений в резервуаре. В ходе ликвидации аварии травму получил один человек. Общий материальный ущерб составил более 53 млн руб.

Таким образом, в ряде случаев при разрушении РВС наблюдается проявление совокупности некоторых характерных причин, к которым относятся следующие [1–7]:

– хрупкое разрушение металла при низких температурах;

– дефекты сварочно-монтажных работ;

– неравномерная осадка основания РВС;

– воздействие высоких температур на пожаре;

– взрыв внутри РВС от самовозгорания пирофорных отложений, от статического электричества при замере уровня жидкости, при производстве сварочных работ, от удара молнии, при распространении огня по газоуравнительной системе;

– внешнее воздействие взрывной волны, механическое воздействие;

– коррозионный износ;

– землетрясение;

– упущения и просчёты при проектировании, строительстве, монтаже и др.

Относительно механизма разрушения РВС следует отметить, что раскрытие его стенок происходит преимущественно вследствие разрушения наиболее нагруженного элемента – узла сопряжения стенки с днищем резервуара. При этом стенка РВС разрушается на всю высоту и за счёт больших радиальных усилий, связанных с давлением жидкости при её истечении из РВС, отрывается от днища, а её края разворачиваются на 120–180 градусов. Обечайка РВС с силой отбрасывается с основания в сторону, противоположную направлению истечения потока, а крыша обрушивается на днище.

Согласно проведенным на кафедре пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России исследованиям [4], для полного удержания волны прорыва разработаны конструкция ограждающей стены с волноотражающим козырьком (рис. 4) и метод определения её геометрических параметров, применимые для РВС с широким разбегом характеристик (номинальный объем: 100-30000 м^3, расстояние от ограждающей стены до стенки резервуара: 3-30 м).

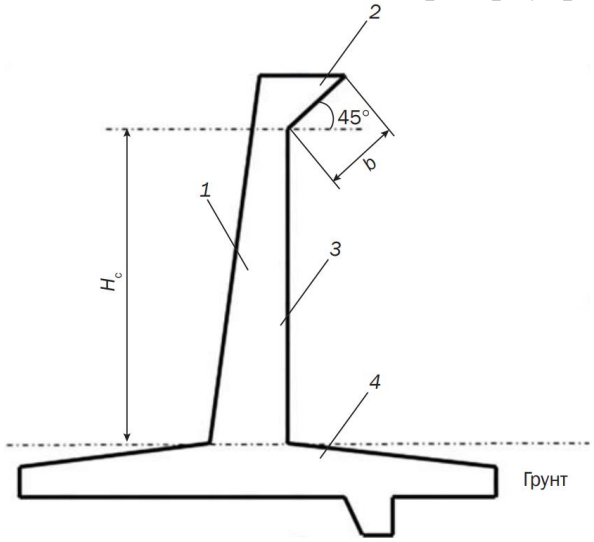


Рис. 4 - Принципиальная схема ограждающей стены
с волноотражающим козырьком:
1- защитная стенка; 2 – волноотражающий козырёк;
3 – площадка отражения потока; 4 – основание стены

Высоту ограждающей стены H_c, м, рассчитывают по формуле:

$$\frac{H_C}{К_з Н_ж} = -0{,}0664\frac{a_1^2}{\sqrt{a_2}} + 0{,}0871\sqrt{\frac{a_1}{a_2}} + 0{,}0639\frac{a_1}{a_2}, \quad (1)$$

где $K_з$ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,1 для резервуаров вместимостью не более 5 000 м^3 и равным 1,2 для резервуаров большей вместимости; $H_ж$ – максимальный уровень жидкости в резервуаре, м; $a_1 = f_1(b/H_ж)$, $a2 = f_2(L_1/R_p)$ – переменные, зависящие от длины вылета волноотражающего козырька (b, м) и расстояния от центра резервуара до ограждающей стены (L_1, м), соответственно равные $a_1 = 15{,}2b/H_ж + 0{,}485$; $a_2 = \lg(L_1/R_p)$; R_p – радиус аварийного резервуара, м.

Таким образом, зависимость (1) позволяет на основании эксплуатационных характеристик РВС номинальным объёмом от 700 до 30000 м^3 найти оптимальную высоту ограждающей стены при соответствующей длине волноотражающего козырька (при $\alpha = 45°$) в зависимости от расстояния до стенки резервуара в диапазоне от 3 до 30 м, то есть получить исходные данные для проектирования противопожарной преграды. Ограждающая стена должна быть сплошной по периметру резервуара либо их группы, проектироваться из негорючих материалов, иметь предел огнестойкости по потере целостности не менее Е150.

Литература

1. Розенштейн И. М. Аварии и надёжность стальных резервуаров. М.: Недра, 1995. 253 с.

2. Прохоров В. А. Оценка параметров безопасности эксплуатации нефтехранилищ в условиях Севера. М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. 142 с.

3. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. СПб: Изд-во Политехнического университета, 2010. 398 с.

4. Швырков С. А. Пожарный риск при квазимгновенном разрушении нефтяного резервуара. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 289 с.

5. Нефтяной резервуар под Ангарском тушили почти 30 часов [Электронный ресурс] // РИА новости: сайт. Режим доступа: https://ria.ru/20130822/ 957972925.html (дата обращения 05.03.2021г.).

6. Нефть под Иркутском полыхала два дня [Электронный ресурс] // Interfax: сайт. Режим доступа: https://www.interfax.ru/russia/324718 (дата обращения 05.03.2021 г.).

7. В Нижнем Тагиле загорелась нефтебаза «Газпромнефти» [Электронный ресурс] // Е1.РУ Екатеринбург Онлайн: сайт. Режим доступа: https://www.e1.ru/news/spool/news_id-427497.html (дата обращения 05.03.2021 г.).

СИСТЕМЫ ВИДЕОМОНИТОРИНГА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Апарин Александр Александрович (aparin.ivanovo-37@yandex.ru),
Тараканов Денис Вячеславович (den-pgsm@mail.ru)

Статья посвящена обзору технологии видеомониторинга в контексте перспектив применения в системах противопожарной защиты объектов. Проведен анализ публикаций отечественных исследователей в области расширения функциональных возможностей систем видеоаналитики.

Ключевые слова: видеомониторинг, видеодетекторы, сверхраннее обнаружение пожара, пожары на объектах защиты, видеоаналитика.

VIDEO MONITORING SYSTEMS AS MEANS TO IMPROVE FIRE SAFETY

Aparin Aleksandr Aleksandrovich (aparin.ivanovo-37@yandex.ru),
Tarakanov Denis Vyacheslavovich (den-pgsm@mail.ru)

The article is devoted to the review of video monitoring technology in the context of application prospects in fire protection systems of objects. The analysis of publications of domestic researchers in the field of expanding the functionality of video analytics systems is carried out.

Keywords: video monitoring, video detectors, ultra-early fire detection, fires at objects of protection, video analytics.

Использование технологий мониторинга объектов техносферы в контексте раннего обнаружения чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также информационно-аналитического обеспечения действий по их ликвидации и спасанию людей, становится все более актуальным способом получения информации в момент эскалации происшествий, зачастую, в условиях дефицита времени.

Характеризуя наиболее ранние подходы к мониторингу техногенных пожаров, их с большей вероятностью стоит отождествлять с простым визуальным наблюдением за состоянием окружающей среды (населенного пункта) с целью раннего обнаружения горения. В этом случае мониторинг можно охарактеризовать как систему постоянного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в окружающей среде (техногенными пожарами), результаты которого служат для обоснования управленческих решений (решение о спасании людей и тушении пожара)

по обеспечению безопасности людей и минимизации материального ущерба.

На сегодняшний день, функциональные возможности мониторинга ЧС расширяются, в первую очередь это связано с техническим прогрессом - разработкой новых подходов к наблюдению за ситуацией в режиме реального времени. Как наиболее перспективное направление мониторинга, рассмотрим его частный случай – видеомониторинг.

Современные системы видеомониторинга, наиболее широко раскрывая их функциональность, можно определить как системы сбора и регистрации, хранения, анализа ключевых признаков и параметров объекта наблюдения для вынесения суждения о его поведении или состоянии (о возникающих и проходящих в данный момент явлениях и процессах) посредством видеокамер видеорегистраторов и программного обеспечения (ПО).

Проанализировав публикации отечественных исследователей, стоит отметить, что одними из перспективных направлений применения систем видеонаблюдения (видеомониторинга) на объектах техносферы являются:

− обнаружение признаков горения (огня, дыма) по видеопоследовательностям с помощью специально разработанного ПО;

− создание систем управления процессом эвакуации на основе сбора видеоинформации в режиме повседневной деятельности.

Далее рассмотрим выдвигаемые идеи более подробно. В практике дистанционного обнаружения пожара, на сегодняшний день используются различные средства, например: тепловые детекторы, газоанализаторы, датчики дыма.

Вышеперечисленные технические решения с определенной эффективностью могут справляться с поставленной перед ними задачей только при эксплуатации на закрытых площадях, где стены, пол и потолок будут позволять накапливаться в помещении факторам, необходимым для срабатывания системы обнаружения непосредственно пожара или химических веществ, выделяющихся в результате физико-химического процесса горения, содержащихся в дыме. Также, стоит отметить, что многие средства пожарной автоматики могут давать как ложноположительные сигналы обнаружения, так, и при определенных обстоятельствах не обнаруживать своевременно горение или задымление.

Однако, когда существует необходимость обнаружения пожара на ранней стадии развития в условиях открытого пространства (или условно открытого – помещения с большим пространственным объемом), например, территории: автостоянок, крытых автобусных/троллейбусных депо, аэродромов, крупных промышленных цехов, городских общественных пространств, придомовых пространств, природных лесных

массивов и рекреационных зон др., то работа вышеупомянутых датчиков и систем в практическом смысле малоэффективна. Это напрямую связано с тем, что действие некоторых опасных факторов пожара, по которым можно идентифицировать возникновение горения, таких как наличие в воздухе продуктов горения и их возрастающая концентрация, повышающаяся температура окружающей среды вблизи очага – ввиду воздействия окружающей среды (климатическое воздействие: ветер, дождь, снег, иные осадки и воздействия), не может быть своевременно и корректно измерена данными датчиками.

Наиболее вероятным решением данной проблемы является обнаружение пламени и дыма посредством камер видеонаблюдения, а также специально разработанного ПО. Данные вопросы активно разрабатываются А.В. Пятаевой, М.Н. Фаворской [1-4].

К действиям первостепенной важности в условиях возникновения опасности для жизни и здоровья людей на территории какого-либо объекта, можно отнести эвакуационные мероприятия из здания наружу или в зону безопасности. Стоит отметить, что большую роль призваны играть системы, специально предназначенные для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации, так называемые системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). Однако некоторые исследователи полагают, что СОУЭ в современных реалиях могут оказаться недостаточно эффективными. Это связано с тем, что данные системы не учитывают наличие опасностей, которые могут негативно сказаться на здоровье эвакуирующих, а также не учитывают распределение людей внутри здания во время эвакуации.

Д.В. Шихалев и В.О. Корепанов поднимают проблему [5], связанную с тем, что на сегодняшний день технически не реализована ни одна из систем управления эвакуацией, теоретически основываемых разработками моделей определения безопасных маршрутов движения, функциональных систем управления эвакуацией и др. Это связано с тем, что ключевым параметром для управления процессом эвакуации через специально разработанные алгоритмы, ложащиеся в основу систем управления, является параметр «количество людей на различных участках» (например, в коридоре, на лестничной клетке и др.). Но, как отмечают авторы, на данный момент, не развиты и не разработаны методы, технологии получения данных о количестве людей в здании в целом и их распределения по разным участкам здания в режиме реального времени. Стоит обратить внимание на то, что решив вопрос эффективного определения описанного «ключевого параметра», предположительно,

возможно добиться уменьшения времени эвакуации до 64 %, в зависимости от принятого алгоритма выбора маршрута движения [6].

На сегодняшний день наиболее известны следующие методы наблюдения за людскими потоками в здании (рисунок 1).



Рис. 1 - Методы наблюдения за людскими потоками в здании

Также, отметим, что системы видеонаблюдения в совокупности со специальным программным обеспечением (программно-аппаратные комплексы (ПАК) видеонаблюдения), основанном на «компьютерном зрении», являются наиболее перспективным направлением развития различных направлений при решении вопроса о повышении безопасности людей при различных техногенных ЧС.

Вышеописанный материал раскрывает перспективные направления изучения возможности применения технологий видеомониторинга в системах противопожарной защиты (СППЗ). Как одну из основ СППЗ объекта необходимо выделить систему пожарной автоматики (СПА), которая в свою очередь, является совокупностью взаимодействующих систем (рисунок 2). В данном случае рассмотрим возможность взаимодействия СПА с системами видеомониторинга.

Во-первых, видеонаблюдение может использоваться в совокупности с системами пожарной сигнализации, которые, в свою очередь, подают сигнал тревоги, основываясь на данных, полученных от различного рода датчиков (ранее были описаны возможные недостатки их функционирования). С помощью передающегося в режиме реального

времени видеоряда из помещения или территории, откуда поступил сигнал тревоги, оператор (как использованием ПО, так и без него) может быстро верифицировать полученную информацию. Также, рассматриваемые системы, представленные ПАК, способны в определенных ситуациях обнаруживать признаки горения раньше и не менее достоверно, чем специальные датчики. Что может помочь сократить время свободного развития пожара, своевременно предупредить людей, находящихся на территории объекта, приступить к эвакуационным мероприятиям и уменьшить величину ущерба от чрезвычайной ситуации.

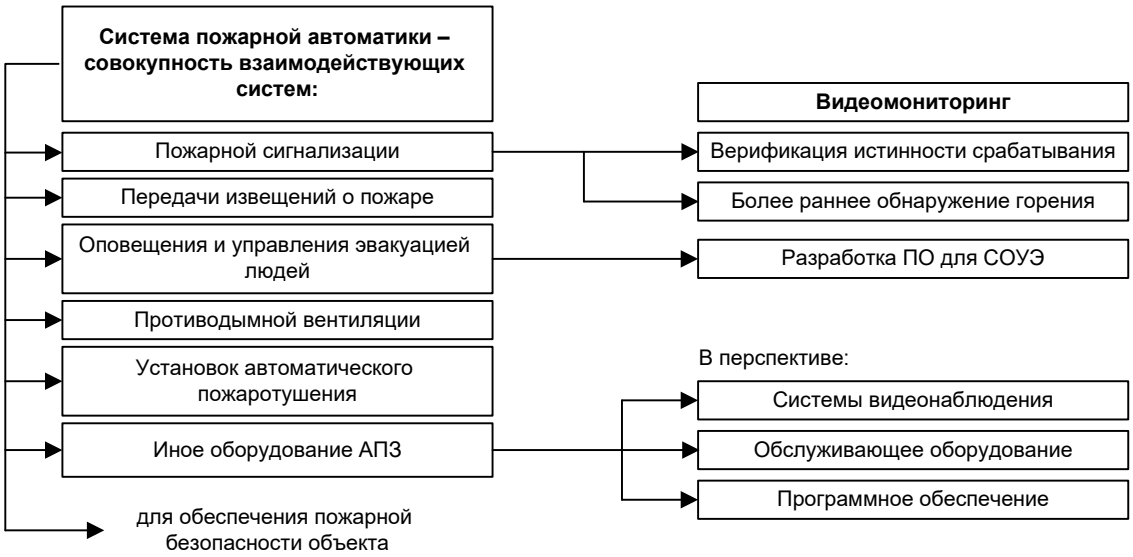


Рис. 2 - Место видеомониторинга в СППЗ

Согласно приказу МЧС России № 582 [7] система пожарной автоматики представляет собой «совокупность взаимодействующих систем пожарной сигнализации, передачи извещений о пожаре, оповещения и управления эвакуацией людей, противодымной вентиляции, установок автоматического пожаротушения и иного оборудования автоматической противопожарной защиты, предназначенных для обеспечения пожарной безопасности объекта», таким образом, детекторы огня и дыма могут быть включены в категорию «иное оборудование автоматической противопожарной защиты», работающих в единой системе с другими средствами обнаружения и оповещения о пожаре.

В данном нормативном документе упомянуты видеодетекторы и определены как извещатели пожарные (ИП) с видеоканалом обнаружения, то есть, автоматические пожарные извещатели, выполняющие функции обнаружения возгорания посредством анализа видеоизображения в контролируемом поле зрения.

Во-вторых, видеонаблюдение может использоваться в СОУЭ, которые также являются частью СПА.

В-третьих, отметим, что спектр функционального применения систем видеомониторинга техногенных пожаров с течением времени будет расширяться и возможность интеграции их в системы пожарной автоматики или синхронизации с ними вполне реальна.

Также совершенно новые возможности открываются для оценки обстановки на месте пожара и поддержки принятия управленческих решений на начальных этапах тушения пожара, в том числе, относящихся к сосредоточению СиС при возможности получать визуальную информацию, поддерживаемую, в свою очередь, аналитическими алгоритмами.

Использование систем видеомониторинга вкупе с программным обеспечением (искусственным интеллектом) на различных этапах тушения техногенного пожара является, по сути своей, инновацией в области управления. Как известно, инновации, внедренные в некую систему, могут влиять на ее взаимодействующие элементы и приводить к изменению или перераспределению их функций.

Итак, системы видеомониторинга имеют в перспективе достаточно широкий спектр возможных способов применения для помощи в решении проблем обеспечения безопасности людей и объектов защиты от воздействия пожаров.

Авторский коллектив планирует продолжить исследования по изучению потенциала применения систем видеонаблюдения для повышения пожарной безопасности и влиянию данных систем на управление пожарно-спасательными подразделениями на этапах сосредоточения сил и средств при тушении пожаров.

Литература

1. Пятаева А.В., Бандеев О.Е. Обнаружение пламени и дыма по видеоданным//Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии. - 2019. - №5 (12). - С. 542-554.

2. Пятаева А.В., Фаворская М.Н. Модель фона при детектировании дыма по видеопоследовательностям на открытых пространствах//Информационно-управляющие системы. - 2016. - №4 (83). - С. 44-50.

3. Пятаева А.В. Сегментация областей задымления на видеопоследовательности//Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. - 2016. - Том 17, №3. - С. 625-630.

4. Фаворская М.Н., Пятаева А.В. Детектирование дыма на открытых пространствах в сложных погодных условиях с применением пространственно-временных локальных бинарных шаблонов// Информационно-управляющие системы. - 2016. - №1 (80). - С. 16-25.

5. Шихалев Д. В., Корепанов В. О. Мониторинг распределения людей в здании для задачи управления эвакуацией. Часть 1//Технологии техносферной безопасности. Вып. 1 (83). 2019. С. 68-77. DOI: 10.25257/TTS.2019.1.83.68-77.

6. Шихалев Д. В. Информационно-аналитическая поддержка управления эвакуацией при пожаре в торговых центрах: дис. … канд. тех. наук: 05.13.10. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 176 с.

7. Об утверждении свода правил «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования»: приказ МЧС России от 31.07.2020 г. № 582.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТОКСИЧНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЦИАНОВОДОРОДА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОЖАРАХ

Болдрушкиев Очир Баатрович (avadanonstop@mail.ru),
Пузач Сергей Викторович (puzachsv@mail.ru),
Косьянова Елена Николаевна (avadanonstop@mail.ru)

В данной работе выполнен анализ токсичного воздействия циановодорода на организм человека. Предложен подход к определению показателя токсичности по воздействию циановодорода, основывающийся на аналитической зависимости плотности токсичного газа от плотности кислорода. Получены экспериментальные данные по удельным коэффициентом образования циановодорода и удельных коэффициентов потребления кислорода при горении кабельной продукции.

Ключевые слова: токсичные продукты горения, циановодород, удельный коэффициент образования, плотность токсичного газа, показатель токсичности.

DETERMINATION OF THE TOXICITY INDEX WHEN EXPOSED TO HYDROGEN CYANIDE ON THE HUMAN BODY DURING FIRES

Boldrushkiyev Ochir Baatrovich (avadanonstop@mail.ru),
Puzach Sergey Viktorovich (puzachsv@mail.ru),
Kosyanova Yelena Nikolayevna (avadanonstop@mail.ru)

This work analyzes the toxic effects of hydrogen cyanide on the human body. An approach to the determination of the toxicity index based on the effect of hydrogen cyanide, based on the analytical dependence of the density of a toxic gas on the density of oxygen, is proposed. Experimental data on the specific coefficient of formation of hydrogen cyanide and specific coefficients of oxygen consumption during the combustion of cable products have been obtained.

Keywords: toxic combustion products, hydrogen cyanide, specific formation coefficient, density of toxic gas, toxicity index.

В соответствии со статистическими данными по причинам гибели людей при пожарах, основной причиной гибели является отравление токсичными продуктами горения – более чем в 70% случаев [1]. Образование токсичных продуктов горения происходит вследствие термического разложения многокомпонентных материалов. В соответствии с исследованиями [1,2] при термическом разложении многокомпонентных материалов (полимеров) может выделяться от 50 до 100 химических соединении, которые могут оказывать токсическое воздействие на организм человека. Таким образом, разработка эффективных противопожарных профилактических мероприятий по определению показателя токсичности является актуальной научно-практической задачей.

Как правило, показатель токсичности, определяемый плотностью токсичных газов, получают при проведении мелкомасштабных экспериментов, которые не полной мере воспроизводят термогазодинамическую картину пожара в реальных помещениях [3].

При оценке уровня опасности токсикологического эффекта продуктов горения на человека необходимо учитывать наиболее опасные токсиканты, которые образуются в достаточных концентрациях и обладают высокой биологической активностью даже при небольших концентрациях.

Как правило, с точки зрения пожарной опасности, основным токсикантом, активно образующимся в условиях пожара, является монооксид углерода. Однако, результаты судебно-медицинских экспертиз [4] и исследований токсикологической картины пожара [5] указывают на присутствие различных токсикантов в крови погибших в токсикологически значимых концентрациях.

В данной работе рассмотрен подход к определению показателя токсичности при воздействии циановодорода с учётом экспериментальной зависимости плотностей токсичного газа от изменения плотностей кислорода, который справедлив как для мелкомасштабного (экспериментальная установка), так и для полномасштабного помещения.

Особенности токсического воздействия циановодорода на организм человека в условиях пожара

Характер отравления циановодорода не имеет достаточной теоретической и экспериментальной базы, однако, известен общий принцип отравления и основные токсикологические мишени.

Токсическое воздействие циановодорода на человека заключается в ингибировании цитохромоксидазы путем взаимодействия с гемом Fe^{3+} - терминального фермента митохондриальной цепи переноса электронов [6]. Ингибирование цитохромоксидазы приводит к гистотоксической аноксии,

при которой окислительный метаболизм в клетках доводится до полного прекращения. Ингибирование цитохромоксидазы и нарушения окислительного метаболизма приводит к дисфункции процесса образования АТФ. Представленная цепочка нарушении в совокупности с цитотоксической гипоксией вызывает серьезные метаболические нарушения в центральной нервной системе, что приводит к нарушениям восприятия и последующему параличу [7].

В работе [8] была обоснована критическая плотность циановодорода в воздухе $\rho_{HCN.кр} = 1{,}11 \times 10^{-5}$ кг/м^3, при которой наблюдается раздражение слизистой оболочки глаз человека, что в значительной степени влияет на процесс безопасной эвакуации.

Подход к определению показателя токсичности при воздействии циановодорода на организм человека

Под показателем токсичности понимается отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, в котором образующиеся при горении материала газообразные продукты горения вызывают гибель 50% подопытных животных.

В соответствии с работой [1], показатель токсичности при воздействии HCN будет определяется по формуле:

$$H_T = \frac{\rho_{HCN}}{\rho_{критHCN}} \qquad (1)$$

где ρ_{HCN} - среднеобъемная парциальной плотность циановодорода, кг/м^3; $\rho_{критHCN}$ - предельно допустимая (критическая) плотность циановодорода, кг/м^3.

Для определения показателя токсичности в соответствии с формулой (1) необходимо определить плотности циановодорода при горении исследуемых материалов. Определение плотностей рассматриваемого токсичного газа возможно экспериментальным путем и с использованием аналитического решения [8], позволяющего проводить расчет плотности токсичного газа с погрешностью не более 1%.

Данное аналитическое решение получено после совместного интегрирования закона сохранения массы токсичного газа и кислорода (формулы 2 и 3) и позволяет производить расчет концентрации циановодорода при пожарах в полноразмерном помещении без решения дифференциального уравнения закона сохранения массы HCN.

Дифференциальное уравнение закона сохранения массы токсичного газа имеет вид [9]:

$$V \frac{\mathrm{d}\rho_{HCN}}{\mathrm{d}\tau} = \eta \Psi L_{\mathrm{HCN}} \qquad (2)$$

где V – объем герметичного помещения, м^3; ρ_{HCN} – среднеобъемная парциальная плотность циановодорода, кг/м^3; τ – время, с; η – коэффициент полноты сгорания; Ψ – скорость газификации горючего материла, кг/с; L_{HCN} – удельный коэффициент образования циановодорода, кг/кг.

$$V\frac{\mathrm{d}\rho_{\mathrm{O}_2}}{\mathrm{d}\tau} = -\eta\Psi L_{\mathrm{O}_2} \qquad (3)$$

где ρ_{O_2} – среднеобъемная парциальная плотность кислорода, кг/м^3; L_{O_2} – удельный коэффициент потребления кислорода, кг/кг.

Аналитическое решение, представленное в работе [8], позволяет определять плотность циановодорода от изменений плотности кислорода.

$$\rho_{\mathrm{i}} = \frac{(\rho_{\mathrm{O}_2 a} - \rho_{\mathrm{O}_2})L_{HCN}}{L_{\mathrm{O}_2}} \qquad (4)$$

где $\rho_{\mathrm{O}_2 a}$ – среднеобъемная парциальная плотность кислорода в помещении перед пожаром, кг/м^3; L_{HCN} – удельный коэффициент образования циановодорода, кг/кг; L_{O_2} - удельный коэффициент потребления кислорода, кг/кг.

Из выражения (4) видно, что при расчете плотности циановодорода необходимо использовать значения плотности кислорода, изменяемой во времени, а также значения удельного коэффициента образования циановодорода и коэффициента потребления кислорода.

Кроме того, в соотношение (4) не входят размеры помещения. Поэтому это выражение справедливо для маломасштабных (экспериментальная установка) и полноразмерных помещений.

Используя формулу (4), выражение (1) можно представить в виде зависимости показателя токсичности только от плотности кислорода:

$$H_T = \left(\frac{L_{HCN}}{L_{O_2}\rho_{критHCN}}\right)\left(\rho_{O_2 a} - \rho_{O_2}\right) \qquad (5)$$

Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1 [8, 9].

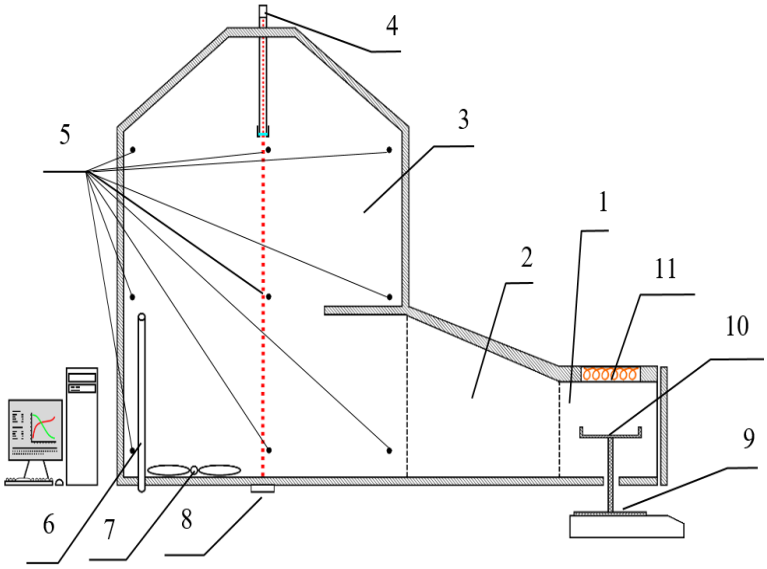


Рис. 1 - Схема модифицированной экспериментальной установки: 1 – камера сгорания; 2 – переходной рукав; 3 – экспозиционная камера; 4 – лазерный модуль; 5 – термопары; 6 – зонд отбора газа; 7 – вентилятор; 8 – фоточувствительный элемент; 9 – электронные весы; 10 – держатель образца; 11 – электронагревательный излучатель

В ходе проведения эксперимента фиксировались масса исследуемого образца, температура в объеме экспозиционной камеры и концентрация газов, образующихся при горении исследуемого образца (CO, CO_2, HCN, O_2).

Удельный коэффициент образования циановодорода определялся исходя из значений массовой скорости выгорания исследуемого материала и расчетных значений концентрации HCN в соответствии с формулой:

$$L_{HCN} = \frac{V}{\Psi}\frac{\mathrm{d}\rho_{HCN}}{\mathrm{d}\tau} \qquad (6)$$

где V – внутренний объем установки, $м^3$.

Удельный коэффициент потребления кислорода определялся в соответствии с формулой:

$$L_{O_2} = \left|\frac{Vd\rho_{O_2}}{n\Psi d\tau}\right| \qquad (7)$$

Результаты численных и натурных экспериментов

В качестве исследуемых образов были приняты образцы кабельной продукции - кабель силовой ВВГнг. Размеры экспериментальных образцов составляли 100×100 мм. Экспериментальные исследования проводились при температуре в помещении 22°С, давление 735 мм. рт. ст., влажность воздуха 34%.

Зависимость величин удельных коэффициентов образования циановодорода и потребления кислорода от времени проведения эксперимента представлены на рисунке 2 и 3.

Полученные экспериментальные данные по удельным коэффициентам образования циановодорода и потребления кислорода указывают на то, что величины удельных коэффициентов непостоянны и изменяется со временем проведения эксперимента.

Существенное отличие величин L_{HCN} и L_{CO} по времени проведения эксперимента можно объяснить, как в различии условий проведения экспериментов, так и тем, что химический состав оболочек кабелей имеет различную реакцию при определенных термических условиях.

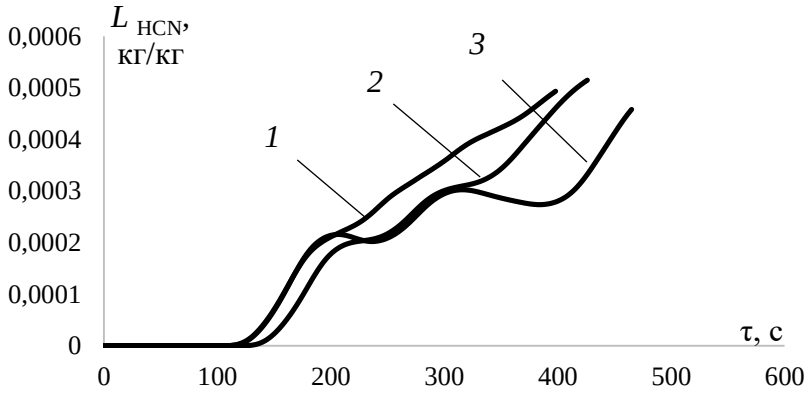


Рис. 2 - Зависимость удельного коэффициента циановодорода от времени горения изоляции кабеля: 1, 2, 3 – экспериментальные значения при горении кабеля ВВГнг

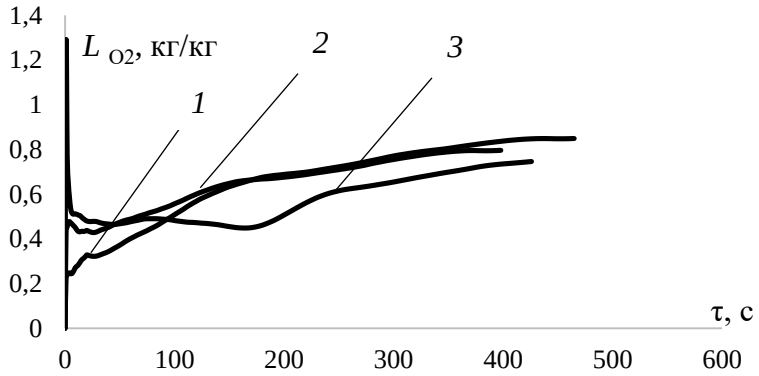


Рис. 3 - Зависимость удельного коэффициента потребления кислорода от времени горения кабеля: 1, 2, 3 – экспериментальные значения при горении кабеля

Показатель токсичности определялся экспериментальным путем (экспериментальное определение плотности HCN) и численным, в

соответствии с формулой (5) с использованием экспериментальных значении удельных коэффициентов образования циановодорода.

Зависимость показателя токсичности от среднеобъемной плотности кислорода представлена на рисунке 4.

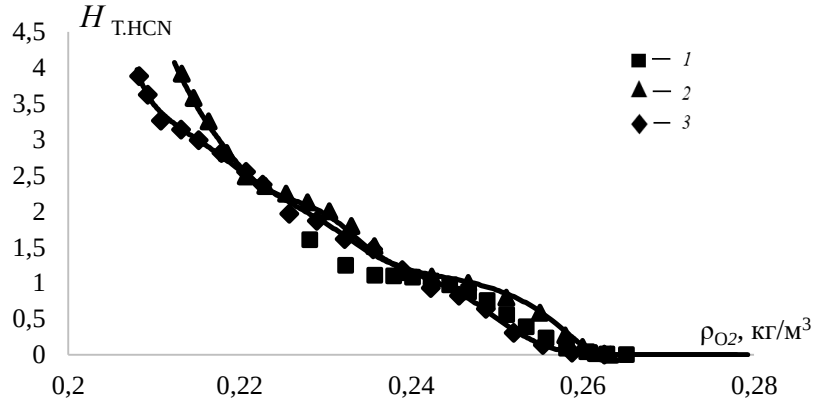


Рис. 4 - Зависимость показателя токсичности от плотности кислорода при горении кабеля: 1,2,3 – экспериментальные значения; 4,5,6 – расчет по формуле (5)

Из результатов численных и экспериментальных исследований видно, что теоретическое значение показателей токсичности, полученные с использованием формулы (5) и экспериментальных значений удельных коэффициентов образования L_{HCN} достаточно точно совпадает с экспериментальными значениями.

Заключение

Получены экспериментальные значения удельных коэффициентов образования циановодорода, удельных коэффициентов потребления кислорода при горении современной кабельной продукции.

Предложен подход к определению показателя токсичности по влиянию циановодорода.

Результаты сопоставления численных и натурных экспериментов представляют, что показатель токсичности при воздействии циановодорода на организм человека при горении материалов в герметичных помещениях могут быть определены с использованием только плотности кислорода и удельных коэффициентов образования HCN и поглощения O_2.

Литература

1. Иличкин, В. С. Токсичность продуктов горения полимерных материалов: Принципы и методы определения [Текст] / В. С. Иличкин. — СПб. : Химия, 1993. — 136 с.

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

3. Пузач, С. В. К определению показателя токсичности продуктов горения горючих веществ и материалов в помещении [Текст] / С. В. Пузач, В. Г. Пузач, В. М. Доан. // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 4. — С. 4–13.

4. Белешников И. Л. Судебно-медицинская оценка содержания цианидов в органах и тканях людей, погибших в условиях пожара: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – СПб, 1996. – 24 с.

5. Pauluhn J. Retrospective Analysis of Predicted and Observed Smoke Lethal Toxic Potency Values J. Fire Sciences Vol. 11, N2 pp. 109-130.

6. Fina Petrova Simeonova, Sofia Bulgarova. Concise International Chemical Assessment document 61. World Health OrganizationGeneva, 2004. – pp 68.

7. Anseeuw, Kurta, Delvau, Nicolasb, Burillo-Putze, Guillermod, De Iaco, Fabioe, Geldner, Götzf Holmström. Cyanide poisoning by fire smoke inhalation: a European expert consensus. European Journal of Emergency Medicine: February 2013 - Volume 20 - Issue 1 - p 2-9 doi: 10.1097/MEJ.0b013e328357170b.

8. Пузач С.В., Болдрушкиев О.Б. Определение парциальной плотности циановодорода при пожарах на объектах энергетики // Пожары и ЧС: Предотвращение, ликвидация. – 2020. №3 с. 5-10 DOI: 10.25257/FE.2020.3.5-10.

9. Пузач С. В., Доан В.М., Нгуен Т.Д., Сулейкин Е.В., Акперов Р.Г. Образование, распространение и воздействие на человека токсичных продуктов горения при пожаре в помещении: монография / Под ред. С. В. Пузача. М. : Академия ГПС МЧС России, 2017. 130 с.

ВСПЛЫТИЕ ОГНЕВОГО ШАРА

Шангараев Рустам Рашитович (robson-rus7@yandex.ru),
Комаров Александр Андреевич (bzbb@mail.ru)

В статье описан процесс образования огненного шара, условия возникновения данных процессов. Смоделирован процесс подъема («всплытия») огненного шара, выполнен эксперимент показывающий работоспособность математической модели.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, огненный шар, моделирование огненного шара.

FIREBALL ASCENT

Shangarayev Rustam Rashitovich (robson-rus7@yandex.ru),
Komarov Aleksandr Andreyevich (bzbb@mail.ru)

The article describes the process of formation of a fireball, the conditions for the occurrence of these processes. The process of the fireball's ascent ("ascent") is modeled, and an experiment is performed showing the efficiency of the mathematical model.

Keywords: oil and gas industry, fireball, fireball simulation.

Нефтегазовая отрасль является основной отраслью в экономики России. Данная отрасль образовывает более половины бюджета страны. Поэтому безопасность объектов нефтегазовой отрасли является актуальной проблемой. На объектах нефтегазовой отрасли нередко возникают аварии, приносящие колоссальный ущерб имуществу, а также большие потери среди населения. Примером таких инцидентов являются аварии с возникновением огневых шаров.

Огневые шары достаточно часто возникают при аварийных ситуациях, связанных с утечками горючих веществ и пожарами. Под огневыми шарами чаще всего понимают поверхностное горение выброса горючего вещества, образовавшегося при разрушении емкости для его хранения. Наибольшую опасность в этом смысле представляют емкости, работающие под давлением. Поэтому прежде всего опишем процесс формирования огненного шара при разрыве емкости со взрывоопасным веществом, которая находится под давлением. Как правило, это сжиженные углеводородные газы (СУГ).

Взрывы сосудов, работающих под давлением, происходят чаще всего в результате нагрева пожаром, либо при переполнении емкости (при перевозке из района с холодным климатом в район с теплым климатом).

Взрывные аварии при этом чаще всего приобретают многостадийный характер. Расширяющаяся при нагревании жидкость (газ) разрушает стенки сосуда. Это сопровождается характерным звуком, воспринимаемым как взрыв. Поэтому это явление носит название – физический взрыв, что отличает его от химического взрыва: детонационного или дефлаграционного, при которых происходит выделение энергии в результате химической реакции (как правило, реакции окисления). Как только происходит разрушение стенки, возникает физический процесс, называемый распадом газодинамического разрыва, сопровождающийся образованием вне сосуда воздушной ударной волны (ВУВ) и проникновением волны разрежения внутрь сосуда. Волна разрежения вызывает вскипание горючей жидкости внутри сосуда и интенсивное ее парообразование. В иностранной литературе это явление получило название “BLEVE” (BLEVE - Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости). В результате освобождения энергии, накопленной при сжатии, сосуд разрывается на части (в некоторых случаях части взорвавшихся цистерн отлетали на 500 м). В атмосферу диспергируются капли горючей жидкости, которые при нагревании образуют на своей поверхности горючую смесь, которая воспламеняется. Скорость горения на поверхности этих капель

определяется скоростью образования горючей смеси в процессе самого горения. Совокупность таких горящих капель образует огневой шар (в отличие от огненного шара, образующегося при взрывном горении предварительно образовавшейся горючей смеси). Скорость расширения огневого шара незначительна, составляет 7...10 м/с и не создает большого избыточного давления.

Наиболее часто аварии, сопровождающиеся образованием огневого шара, возникают в условиях пожара.

На рисунке 1 приведен пример огневого шара, сформировавшегося при аварии с топливоперевозчиком.



Рис. 1 - Огневой шар, сформировавшийся при разрыве автоцистерны с топливом в условиях пожара

На рисунке 2 приведена начальная фаза аварии и итог взрывной аварии.



А



Б

Рис. 2 – Начальная стадия аварии (А) и общая обстановка после ликвидации аварии (Б)

Процесс «всплытия» огневого шара под действием Архимедовой силы иллюстрирует рисунок 3, где приведены фотографии перемещения огневого шара.

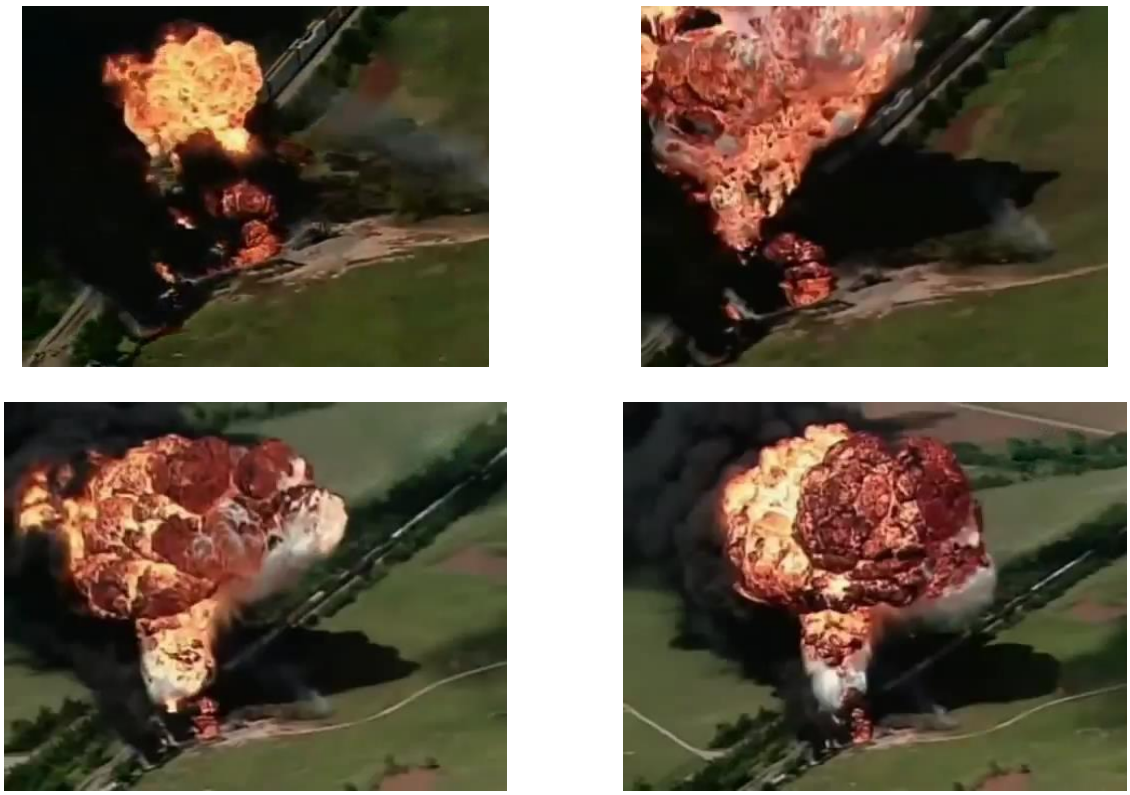


Рис. 3 – Фотографии движения («всплытия») огневого шара, сформировавшийся при разрушении автоцистерны с топливом в условиях пожара

От высоты поднятия огненного шара над поверхностью земли зависит зона поражения тепловым воздействием человека, зданий и сооружений [1, 2]. Существующие методики определения зон поражения тепловым излучением не совсем корректно описывают не стационарное явление огневого шара. Для решения данной задачи был смоделирован процесс подъема «всплытия» огневого шара.

Огневой шар поднимается по нескольким причинам:

1) Жидкость, находящаяся в сосуде термодинамически перегрета, давление в емкости существенно выше атмосферного, при разгерметизации сосуда жидкость превращается в пар, плотность которого ниже плотности воздуха и поэтому результирующая выталкивающая сила (Архимедова сила) заставляет подниматься ОШ [3];

2) Воздух, вовлекаемый в огневой шар, посредством конвективных сил и вихревого движения непрерывно добавляется в него и увеличивает объем горящего образования, за счет чего огневой шар также «всплывает».

Для рассмотрения движения огненного шара решалась система дифференциальных уравнений, которая описывает силовое воздействие среды на огневой шар:

$$\begin{cases} \dfrac{d\upsilon}{dt} = a; \\ V_{Ш} \cdot \rho_{Ш} \cdot \dfrac{d\upsilon}{dt} = \rho_{ср} V_{Ш} g - \rho_{ш} V_{Ш} g - C_X S_{Ш} \cdot \rho_{ср} \cdot \dfrac{\upsilon^2}{2} \end{cases} \quad (1)$$

где – υ скорость центральной точки ОШ, $V_{Ш}$ и $S_{Ш}$ – объем и площадь сечения ОШ, $R_{Ш}$ – радиус ОШ, $\rho_{Ш}$ – плотность ОШ, C_X – коэффициент лобового сопротивления, $\rho_{ср}$ – плотность среды, g – ускорение свободного падения.

Чтобы проверить насколько хорошо приведённые уравнения системы (1) могут описывать движение шара в среде с плотностью отличной от плотности тела, был проведен эксперимент, в котором изучалась кинематика погружения шарика, имеющего большую плотность чем окружающая среда. При погружении металлического шарика в воде на шарик действуют те же силы, что и на огненный шар, при его всплытии.

Для проверки адекватности математической модели применялся стеклянный аквариум размерами 0,5х0,3х0,3 *м.* В качестве среды в которую погружался шарик, с плотностью 10571 *кг/м*^{3}, использовалась вода. Движение шарика снималось на камеру с частотой 240 кадров в секунду. Далее производилась раскадровка видео. Результаты раскадровки представлены на рисунке 2.



Рис. 4 - Результаты раскадровки (погружение шарика в воду)

По кадрам отслеживалось изменение положения шарика в среде в зависимости от времени. В результате обработки полученных данных

строилась зависимость координаты *x (м)* от времени *t (с)* и аппроксимация результатов полинома 3-й степени рисунок 3.

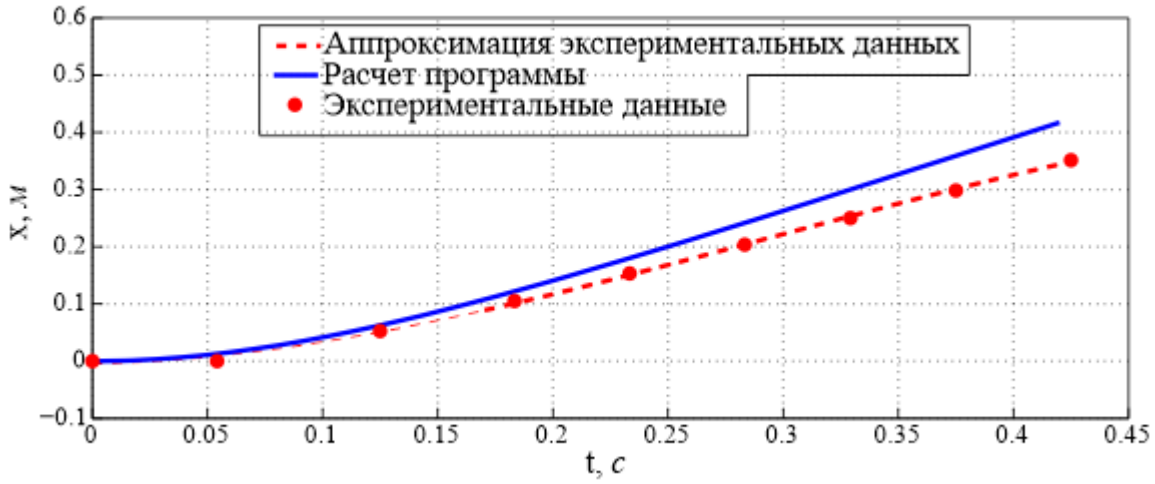


Рис. 4 - Изменение координаты шара от времени

На рисунке 3 представлены кривые изменения скорости υ *(м/с)* от времени *t (с)*.

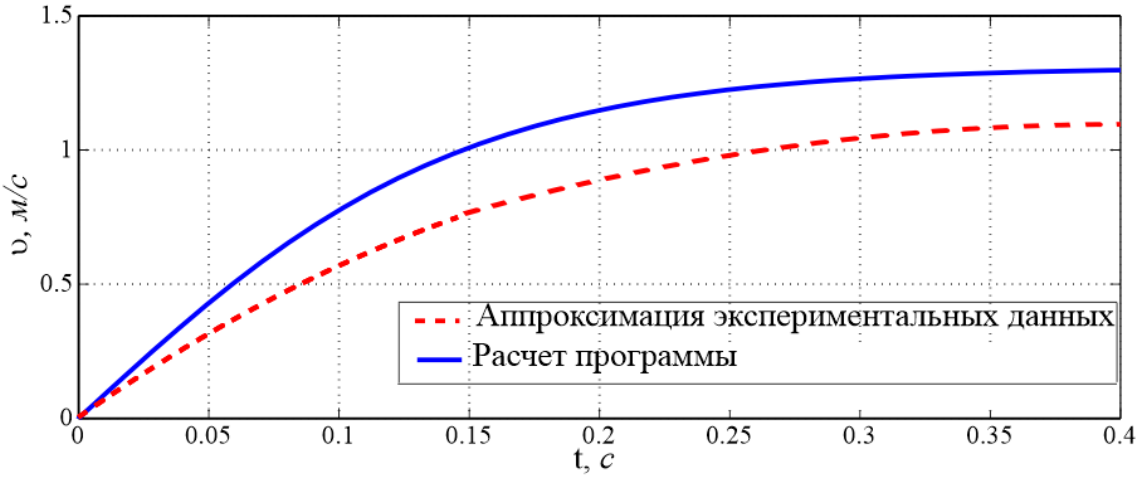


Рис. 5 - Кинематика шарика (зависимость скорости от времени)

Из представленных рисунков 3 и 4 на которых изображены графики зависимостей координаты, и скорости от времени можно сделать вывод, что результаты расчета по математической модели и экспериментальные данные имеют удовлетворительную сходимость. Это дает основание полагать что модель, построенная на классических уравнениях динамики будет правильно отражать кинематику огненного шара.

В проведённом эксперименте по изучению кинематики погружения металлического шарика в жидкости температура и объём шарика оставались постоянными а также не учитывалась присоединенная масса. В

случае с всплытием огненного шара эти параметры меняются, поэтому дальнейшее развитие модели кинематики огненного будет проводиться с учетом этих факторов.

Литература

1. Комаров А. А., Шангараев Р. Р. Определение поражающих факторов при авариях, сопровождаемых огненными шарами // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. №3. с. 20–25.
2. Шангараев Р.Р. Проблема прогнозирования аварий с формированием огненных шаров (тезисы) // Материалы двадцать девятой международной научно-технической конференции «Системы безопасности-2020» – М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. с.233-237.
3. Маршалл В. Основные опасности химических производств. М: Мир, 1989. 682 с.
4. Анализ пожаров на объектах нефтеперерабатывающего комплекса (тезисы) // Материалы международной научно-практической конференции исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности 2018. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. С 634-636.

СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ И СХЕМЫ ПОТОКОВ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЁТА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ В ЗДАНИИ

Григорян Роман Артурович (gra-96@mail.ru)

Спроектированы и описаны DFD-диаграмма схемы получения данных для расчёта ИПР в реальном времени в нотации Гейна-Сарсона и диаграмма «Сущность-связь» в нотации IDEF1x для представления схемы базы данных системы комплексного мониторинга безопасности людей в здании.

Ключевые слова: пожарный риск, пожарная безопасность, пожарный мониторинг, режим реального времени.

DATA ACQUISITION SCHEMES AND DATA FLOW DIAGRAMMS FOR CALCULATING INDIVIDUAL FIRE RISK IN REAL TIME FOR THE TASK OF ENSURING THE SAFETY OF PEOPLE IN THE BUILDING

Grigoryan Roman Arturovich (gra-96@mail.ru)

The DFD diagram of the data acquisition scheme for calculating the real-time IPR in the Gein-Sarson notation and the "Entity-Relationship" diagram in the IDEF1x notation for representing the database schema of the integrated monitoring system for the safety of people in a building are designed and described.

Keywords: fire risks, fire safety, fire monitoring, real-time mode.

Основной причиной эвакуаций и пожаров на объектах торговли в 2015-2019 г. в России послужили нарушения пожарной безопасности, заключавшиеся в непредумышленном вмешательстве в работу систем противопожарной защиты [1]. Гарантировать беспрерывную работу данных систем проблематично по причине непредсказуемости пассивного вмешательства человека. Несанкционированное воздействие на одну из подсистем противопожарной защиты может повлечь серьёзные последствия и отразиться пониженным уровнем безопасности людей в здании.

Эту проблему предлагается решить созданием системы комплексного мониторинга безопасности людей в здании, общая концепция которой представлена в работе [2].

Данная система должна обеспечивать проведение мониторинга уровня безопасности в режиме реального времени в различных сегментах здания, учитывать все физические особенности здания, оказывать ЛПР поддержку в принятии решений по организации эвакуации по оптимальному маршруту, отслеживать текущее состояние всех компонентов системы противопожарной защиты, и учитывать их неисправности при подсчёте общего уровня безопасности в здании.

В настоящее время уровень развития информационных технологий достаточно высокий и ежегодно продолжает расти. Ни одна область человеческой деятельности не обходится без их применения, а вычислительные мощности современных персональных устройств сопоставимы с производительностью стратегических информационных систем несколько лет назад. Не исключение и область обеспечения пожарной безопасности. Практически для каждой системы противопожарной защиты создано специальное программное обеспечение (информационные системы обработки данных), в том числе для автоматических установок пожарной сигнализации [3], систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре [4], автоматических систем управления (исполнительные устройства) различным инженерным и технологическим оборудованием зданий и т.д.

Автоматизация процедур передачи данных реализована во многих системах безопасности: системы видеонаблюдения, системы мониторинга пожарной безопасности (например: "Стрелец мониторинг" [5],

радиоканальная система передачи извещений "БазАльт", АУ ЦАСПИ [6, 7]). Информация, проходящая через данные системы, является по сути исходной для определения ИПР в реальном времени. Нельзя не отметить существующие интегрированные системы мониторинга, выполняющие функцию оценки безопасности (программно-технические комплексы СМИС и его подсистема СМИК, выполняющие аналогичные функции в сфере обеспечения уровня надежности и безопасности инфраструктуры объектов).

С одной стороны, имеется эффективный инструмент оценки уровня безопасности людей (процедура расчёта пожарного риска) и многообразие информационных источников и технологий получения данных о состоянии той или иной системы безопасности, а с другой, указанные технологии не применяются для оценки уровня обеспечения безопасности людей в режиме реального времени.

Для того чтобы полноценно воспользоваться возможностями данных систем и уменьшить влияние случайных факторов на расчёт индивидуального риска была разработана DFD-диаграмма схемы получения данных для расчёта ИПР в реальном времени в нотации Гейна-Сарсона (рис. 1) и диаграмма «Сущность-связь» в нотации IDEF1x для представления схемы базы данных системы комплексного мониторинга безопасности людей в здании (рис. 2).

DFD-диаграмма в нотации Гейна-Сарсона

Данная схема концептуально состоит из 4 элементов: процесс (фигура: суперэллипс, характеризует: операцию преобразования данных из одной формы в другую), интерфейс (фигура: прямоугольник, характеризует: внешний источник или потребителя данных), хранилище данных (фигура: прямоугольник с тремя сторонами, характеризует: репозиторий данных процессов) и поток данных (фигура: стрелка, характеризует: пакет данных, который получает или отправляет процесс).

Сущности диаграммы потоков данных для расчёта ИПР в реальном времени:

1. Система мониторинга количества людей в здании – получает и анализирует данные о перемещении людей в отдельных сегментах здания.
2. Пожарная сигнализация.
3. СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.
4. АУП – автоматические установки пожаротушения.
5. ПДЗ – противодымная защита зданий и сооружений.
6. ППКП – система пожарных приёмно-контрольных приборов.

7. Система комплексного мониторинга безопасности людей – ключевая сущность схемы, представляющая собой программно-аппаратный комплекс по контролю уровня безопасности людей в здании.

8. ЛПР – оператор ЭВМ, либо другое лицо, уполномоченное в управлении системой;

Хранилища данных:

1. Перемещение людей в здании – данные о количестве людей на сегментах эвакуации и их текущих координатах.

2. Срабатывания – данные обо всех срабатываниях пожарной сигнализации, типе и месте очага пожара и т.п.

3. Статистика пожаров в здании – база данных, накапливающая информацию о реально произошедших пожарах в здании.

4. Сценарии пожара – база данных с возможными сценариями появления и развития пожара в здании.

Диаграмма «Сущность-связь» в нотации IDEF1x

Как видно из схемы (рис. 2): база данных системы комплексного мониторинга безопасности людей в здании состоит из таблиц «Сегмент эвакуации 1», «Сегмент эвакуации 2», …, «Сегмент эвакуации N» и таблицы «Распределение величины ИПР по сегментам эвакуации». Количество этих сегментов задаётся во время построения плана разбиения на участки и определения сценария развития пожара.

Сущности «Сегмент эвакуации 1-N» имеют следующие атрибуты:

1. Идентификатор сегмента (ключевое поле).
2. Геометрические параметры сегмента.
3. Количество людей на сегменте.
4. Координаты людей на сегменте.
5. Количество неисправных элементов СОУЭ.
6. Количество неисправных элементов системы пожарной сигнализации.
7. Количество неисправных элементов ПДЗ.
8. Инженерные параметры сегмента.
9. Параметры сценария пожара для сегмента –.
10. ИПР на сегменте.

Сущность «Распределение величины ИПР по сегментам эвакуации» имеет следующие атрибуты:

1. Время подсчёта (Ключевое поле) – уникальные значения даты/времени, конкретизированные до единиц времени модели, образуют нижнюю временную шкалу при построении диаграмм и графиков;

2. ИПР на сегменте 1-N – результат вычисления ИПР за предыдущий момент времени на всех сегментах.

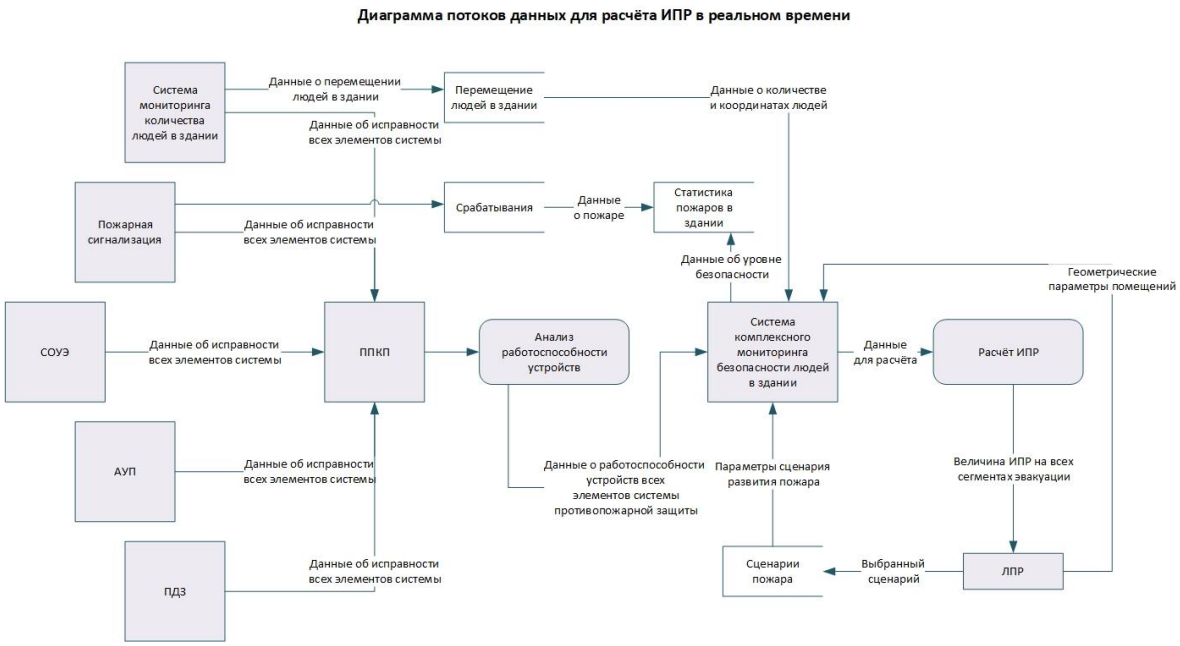


Рис. 1 - DFD-диаграмма в нотации Гейна-Сарсона для вычисления ИПР в реальном времени

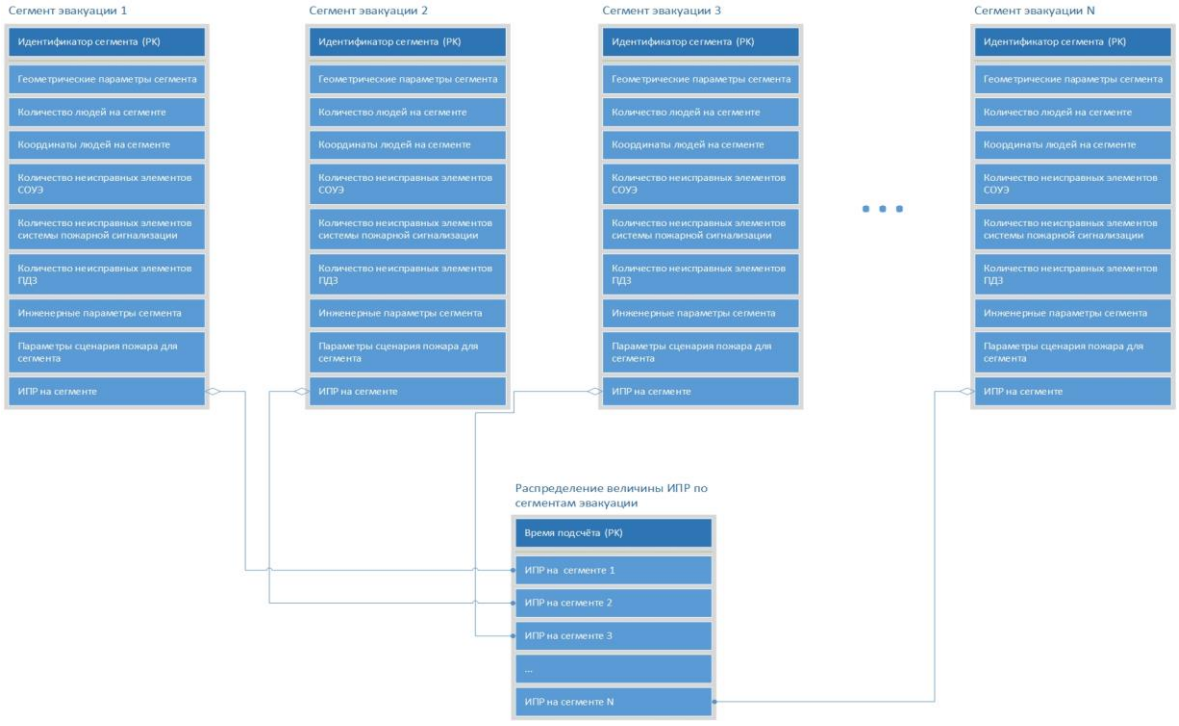


Рис. 2 - Диаграмма «Сущность-связь» в нотации IDEF1x для вычисления ИПР в реальном времени

Выводы и направления дальнейшей работы

В данной работе разработаны схемы потоков данных внутри системы комплексного мониторинга безопасности людей в здании, а также схема связей самой базы данных. Опираясь на эти схемы можно начать построение автоматизированной информационной системы и получать первые результаты по мониторингу безопасности.

Однако, для того, чтобы запустить систему, необходимо также разработать алгоритм определения уровня безопасности, по которому система и будет выдавать искомый параметр. Для создания данного алгоритма нужно сформулировать основные парадигмы определения уровня безопасности в здании в реальном времени, принципиально отличающие его от всех существующих способов организации системы противопожарной безопасности. При этом алгоритм должен руководствоваться существующими методиками по расчёту индивидуального пожарного риска для того, чтобы его применение не затронуло фундаментальные концепции нахождения пожарных рисков.

В дальнейшем планируется применить разработанные схемы и алгоритм для разработки схемы подключения основных элементов автоматизированной информационной системы, составления модели получения данных (связи устройств) и апробации развёртывания системы на территории одного из зданий с массовым пребыванием людей.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2019, - 125 с.: ил. 42.

2. Григорян Р.А., Шихалёв Д.В., Ефимов А.А., Оценка возможности определения безопасности людей в режиме реального времени // Технологии техносферной безопасности. 2020. №4 (90) . С. 62-73.

3. Цариченко С., Синельникова Е. Стационарные роботизированные комплексы пожаротушения как составная часть автоматических установок пожаротушения // алгоритм безопасности. 2007. №5. С. 56-58.

4. Николаев Д.В., Мукаев Д.Н., Туребеков Е.П., Иманжанов Д.Ш., Интеллектуальная система оповещения и управления эвакуацией людей на основе информационного моделирования чрезвычайных ситуаций в здании // проблемы науки. 2019. №12 (48). С. 17-21.

5. Что такое "Стрелец-Мониторинг" // Электронный доступ: https://стрелец-мониторинг.рф.

6. РСПИ БазАльт // Электронный доступ: http://altonika.su/Базальт.

7. АУ ЦАСПИ // Электронный доступ: http://safeinside.solinepro.ru/produktsiya-i-uslugi/stp-tsaspi/autsaspi-2.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНЫХ НАСОСОВ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Гладченко Владислав Ярославович (Silviya2001@mail.ru),
Ольховский Иван Александрович (250615m@mail.ru),
Лебедев Алексей Николаевич (dragee2721@mail.ru)

В статье проведена оценка энергетических показателей пожарных насосов и их практическое применение. Рассмотрен метод расчета согласования работы двигателя внутреннего сгорания и пожарного насоса. С помощью метода наименьших квадратов определены коэффициенты для расчетных формул нахождения напора и потребляемой мощности в зависимости от расхода пожарного насоса.

Ключевые слова: согласование режимов работы, метод наименьших квадратов, тушение пожаров, пожарный насос, напор, расход, мощность.

EVALUATION OF THE ENERGY PERFORMANCE OF FIRE PUMPS AND THEIR PRACTICAL APPLICATION

Gladchenko Vladislav Yaroslavovich (Silviya2001@mail.ru),
Olkhovsky Ivan Aleksandrovich (250615m@mail.ru),
Lebedev Aleksey Nikolayevich (dragee2721@mail.ru)

The article evaluates the energy performance of fire pumps and their practical application. The method of calculating the coordination of the operation of the internal combustion engine and the fire pump is considered. Using the least squares method, the coefficients for the calculation formulas for finding the head and power consumption depending on the flow rate of the fire pump are determined.

Keywords: coordination of operating modes, least squares method, The head of fire extinguishing.

Для обеспечения тушения пожаров на объекте защиты, в документах предварительного планирования производятся расчёты сил и средств. При расчете сил и средств необходимо определить количество огнетушащего вещества способного обеспечить локализацию и последующую ликвидацию пожара. Основным техническим средством транспортировки и подачи ОТВ являются пожарные автоцистерны, которые осуществляют подачу с помощью собственных пожарных насосов. Однако при расчёте возможностей насосно-рукавных систем, должностные лица

формирующие документы предварительного планирования или штаб тушения на пожаре, как правило, использует в качестве исходных данных лишь номинальные значения расхода и напора насосных установок пожарных автомобилей. Благодаря возможности регулировать частоту вращения вала насоса, расход и напор можно варьировать. В связи с чем, для адаптации практического применения исходных данных в настоящей статье будет рассмотрен метод определения напора, при определенных расходах и потребляемой мощности насосной установки.

Чтобы понимать, как и сколько пожарная автоцистерна сможет подать огнетушащего вещества на тушение пожара, используется метод согласования пожарного насоса и двигателя внутреннего сгорания [1], в результате применения данного метода строится график, который показываетя параметры работы насоса от двигателя внутреннего сгорания базового шасси автоцистерны.

В первую очередь оценивается зависимость $H = f(Q)$ по формуле:

$$H = A + BQ - CQ^2$$

где:

A, B и C – постоянные коэффициенты, характерные для каждого пожарного центробежного насоса [1].

В связи с тем, что в практике тушения пожаров используются различные виды и модификации пожарных центробежных насосов, для некоторых из них такие коэффициенты, к сожалению, не известны. К таким можно отнести, НЦПК NH30 Rosenbauer и НЦПН NP3000, которые являются одними из самых распространённых пожарных насосов, после ПН-40 и НЦПН-40/100.

Для того, чтобы определить коэффициенты A, B, C для вышеуказанных марок насосов возможно воспользоваться математическим методом наименьших квадратов. Суть метода заключается в том, что имея экспериментально полученные данные, можно установить параметры функции, которая описывает график зависимости каких-либо параметров, в данном случае это зависимость напора от расхода.

Рассмотрим в качестве примера насос NH30 Rosenbauer. В результате практических испытаний [4] были получены исходные данные, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Q, л/с	8,3	16,6	25	33,3	41,7	50
H, м.в.ст.	152	149	143	135	125	112

Используя данные таблицы 1, вычисляем коэффициенты A, B, C для формулы нахождения напора. Для этого применяем систему нормальных уравнений Гаусса (2):

$$\begin{vmatrix} A \\ B \\ C \end{vmatrix} = F^T Y M^{-1}$$

где:
F^T - транспорнированная матрица F;
M^{-1} - обратная матрица M,
Y - матрица y.
После вычислений получается:

$$F = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 8.3 & 16.6 & 25 & 33.3 & 41.7 & 50 \\ 68.89 & 275.56 & 625 & 1108.89 & 1738,89 & 2500 \end{vmatrix}^T$$

где:
первый ряд – матрицы единичный,
второй ряд – показатели Q из таблицы 1,
третий ряд – квадраты показателей второго ряда.

$$M^{-1} = \begin{vmatrix} 3.18 & -0.23 & -0.0035 \\ -0.23 & 0.019 & -0.00032 \\ 0.0035 & -0.00032 & 5.54 \times 10^{-6} \end{vmatrix}$$

где:
матрица M – это произведение матрицы F и F^T.

$$F^T Y = \begin{vmatrix} 816 \\ 22618 \\ 788091,12 \end{vmatrix},$$

Для дальнейших вычислений исходных коэффициентов, подставим найденные матрицы:

$$\begin{vmatrix} A \\ B \\ C \end{vmatrix} = F^T Y M^{-1} = \begin{vmatrix} 153.43 \\ -0.01107 \\ -0.01625 \end{vmatrix}$$

Отсюда видно, что: A=153,43; B= -0,01107; C= -0,01625.

Далее, получив коэффициенты и подставив их в формулу нахождения напора строится график зависимости напора от подачи рисунок 1.

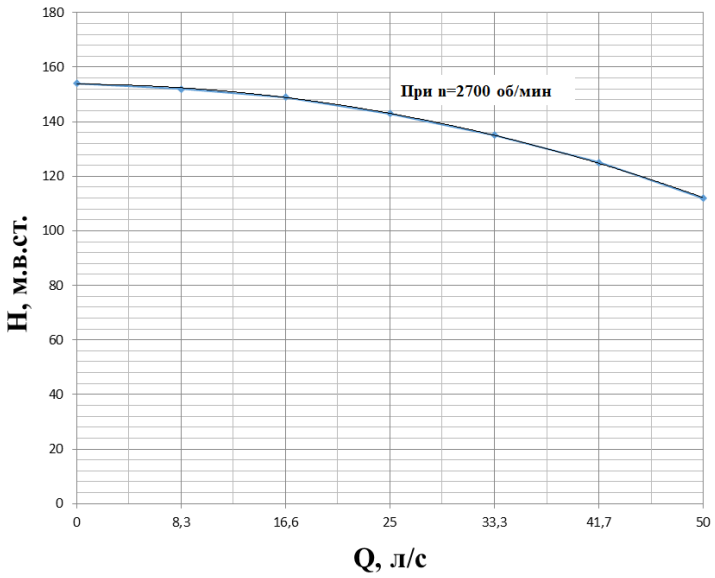


Рис. 1 - НЦПК NH30 Rosenbauer

Также подача зависит от мощности насоса и двигателя пожарного автомобиля. Определение количество потребляемой мощности двигателя, используются формула:

$$N' = A + BQ - CQ^2$$

где также присутствуют коэффициенты *A,B* и *C,* которые характерны для каждого насоса.

С помощью метода наименьших квадратов можно также рассчитать параметры для построения графика зависимость мощности от подачи *N=f(Q)*.

В ходе второго эксперимента по замеру потребляемой мощности были получены следующие результаты, которые представлены в *таблице 2*. Здесь значения подачи остаются теми же, что и в *таблице (1).*

Таблица 2 – Результаты эксперимента

Q, л/с	0	8,3	16,6	25	33,3	41,7
N, кВт	35,1	47,6	56,3	74,6	86,1	98,1

Расчёт производится по той же системе нормальных уравнений Гаусса. Матрицы F^T и M^{-1} остаются теми же, что и в расчёте напора. Изменяется только матрица Y (матрица ряда N).

$$F^T Y = \begin{vmatrix} 553,2 \\ 16117,6 \\ 626377 \end{vmatrix}$$

Подставив данные в формулу, находим коэффициенты A, B и C:

$$\begin{vmatrix} A \\ B \\ C \end{vmatrix} = F^T Y M^{-1} = \begin{vmatrix} 37{,}49 \\ 1{,}305 \\ 0{,}00513 \end{vmatrix}$$

Отсюда видно, что: A=37,49; B=1,305; C=0,00513. Подставив данные коэффициенты в формулу нахождения потребляемой мощности насоса, можем построить график зависимости мощности от подачи (рисунок 2).

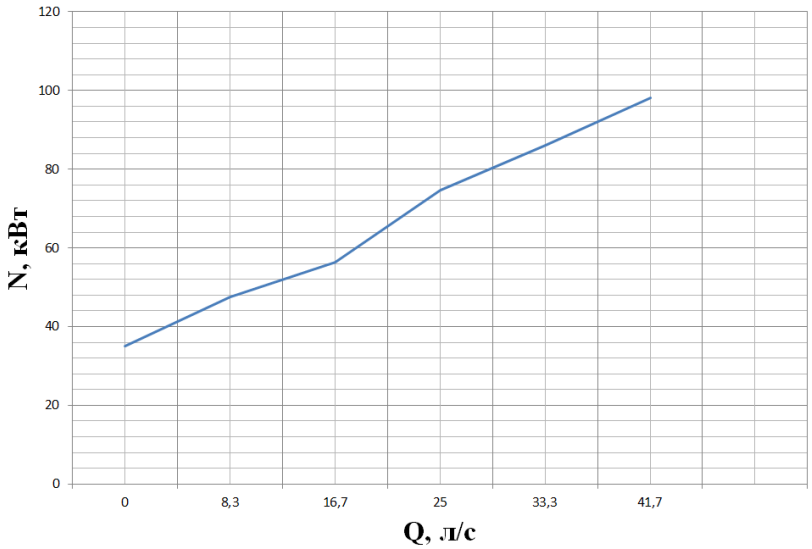


Рис. 2 – график зависисмоти *N=f(Q)* НЦПК NH30 Rosenbauer

Стоит отметить, что на предприятиях-изготовителях пожарных центробежных насосов, графики зависимости мощности от подачи строятся в оси абсцисс – это крутящий момент, и оси ординат – это подача. Чтобы использовать график для расчётов, следует крутящий момент перевести в мощность по формуле:

$$N = \frac{M_{кр} n_{max}}{9549},$$

где:

N - мощность, кВт;

$M_{кр}$ - крутящий момент,Н·м;

n_{max} - количество оборотов, об/мин;

9549 - коэффициент, появившийся при переводе с Британо-американских единиц измерения [3].

Учитывая все вышеизложенное, можно сказать, что на сегодняшний день существует такая проблема, что при расчёте количества огнетушащего вещества на тушение пожара используются номинальные значения напора и подачи. Зачастую эти значения оказываются значительно выше, в сравнении с требуемыми. Решение данной проблемы позволит сократить расходы топлива пожарных автоцистерн, значительно сэкономить ресурс двигателя, уменьшить вредные выбросы в атмосферу.

Также все вышеуказанные расчёты возможно внедрить в подразделения пожарной охраны для практического обеспечения возможности соблюдения определённых диапазонов оборотов двигателя пожарных автоцистерн в зависимости от требуемого напора и расхода огнетушащих веществ.

Литература

1. М. Д. Безбородько, М. В. Алешков, А. В. Рожков, В. М. Климовцов, С. В. Огурцов «Согласование режимов работы центробежного насоса с двигателем пожарного автомобиля».

2. В.С. Зарубин, А.П. Крищенко учебное пособие «Математическая статистика»: М 2001.

3. Безбородько М. Д., Цариченко С. Г. Роенко В. В. и др. Пожарная и аварийно-спасательная техника / Учебник: в 2 ч. Ч. 1 Ч.2 под ред. М. Д. Безбородько. М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. 353 с.

4. История и перспективы развития насосно-рукавных систем, комплексов и оборудования, Лебедев А.Н., Ольховский И.А., Меженов В.А., Доротюк А.А., Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2020. № 2. С. 58-65.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛБЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ

Бочаров Владимир Владимирович (Boch-vladimir@mail.ru),
Мокшанцев Александр Владимирович (Boch-vladimir@mail.ru)

Повышение оперативного реагирования и оценка чрезвычайных ситуаций, пожаров, оперативных событий для рационального применения сил и средств пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований. Использование искусственного интеллекта в оперативном управлении силами и средствами.

Ключевые слова: мониторинг, комплексная информационная система мониторинга и управления силами и средствами, оценка оперативного события.

INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES USED IN THE WORK OF CRISIS MANAGEMENT CENTERS

Bocharov Vladimir Vladimirovich (Boch-vladimir@mail.ru),
Mokshantsev Aleksandr Vladimirovich (Boch-vladimir@mail.ru)

Improving the operational response and assessment of emergency situations, fires, operational events for the rational use of fire protection forces and emergency rescue units. The use of artificial intelligence in the operational management of forces and means.

Keywords: monitoring, a comprehensive information system for monitoring and managing forces and assets, assessment of an operational event.

Единая система объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации (РФ), органов местного самоуправления и организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), в том числе по обеспечению безопасности людей на водных объектах и осуществляет свою деятельность в целях выполнения задач, предусмотренных Федеральным законом "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (рис. 1) [2].

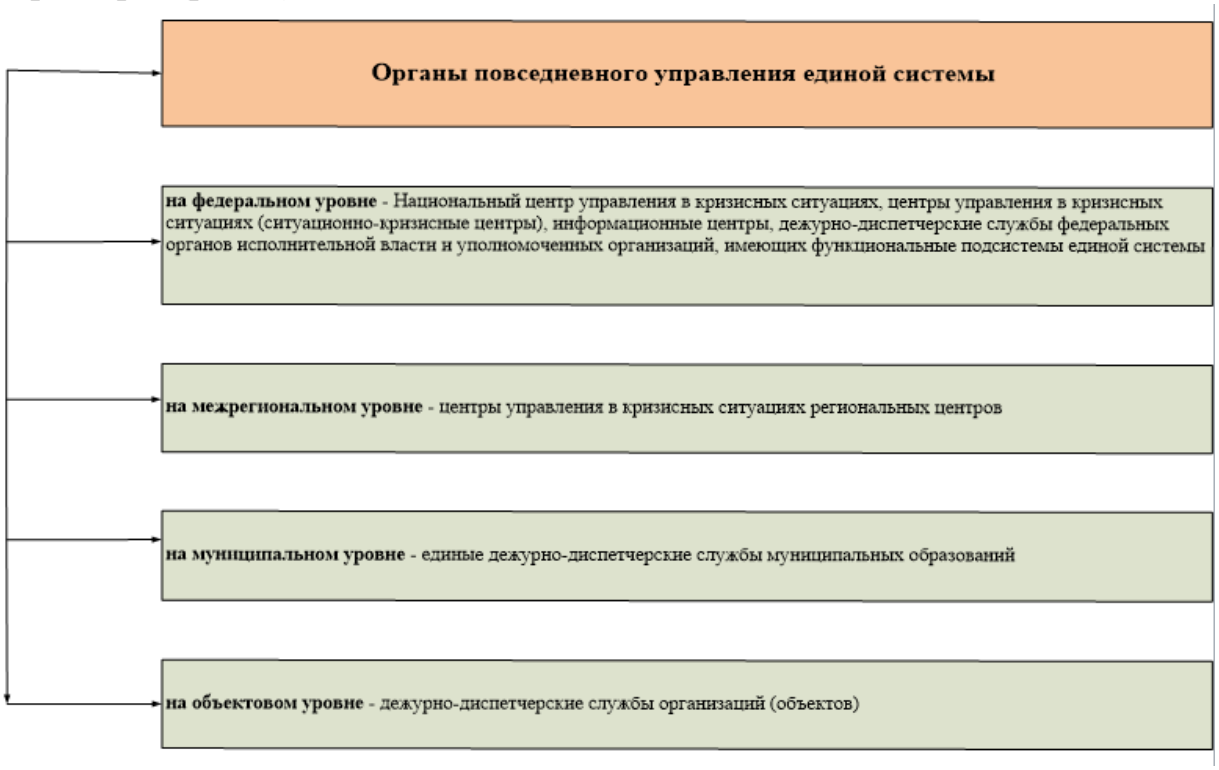


Рис. 1 - Схема органов повседневного управления единой Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций

Органами повседневного управления единой Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) являются: Центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС), которые

созданы в целях обеспечения функционирования органов управления РСЧС и гражданской обороны, управления их силами и средствами, а также организации своевременного информирования и оповещения населения об угрозе и возникновении ЧС, в том числе в местах массового пребывания людей [1].

В настоящее время в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС) проведена реорганизация. Мероприятия проводились в соответствии с Поручением Президента РФ с целью сокращения излишних управленческих звеньев, устранения дублирующих функций, повышения качества работы по основным задачам, а также эффективного и оперативного управления центральным аппаратом МЧС России территориальными органами.

Было сокращено количество обеспечивающих структур и упразднены должности руководящего состава. Ликвидированы 8 региональных центров, 578 учреждений МЧС России, в том числе ЦУКС, центров Государственной инспекции по маломерным судам (ГИМС), центров материально-технического обеспечения (ЦМТО), пожарно-спасательных подразделений МЧС России.

Функции по координации работы по линии МЧС России в федеральных округах переданы восьми головным Главным управлениям: ГУ МЧС по Москве, Санкт-Петербургу, Нижегородской, Ростовской, Новосибирской, Свердловской областям, Хабаровскому и Ставропольскому краям.

В результате проведения реорганизации возросла нагрузка на оперативно - дежурные смены ЦУКС головных ГУ МЧС России.

В сложившейся ситуации, когда необходимо отслеживать и вести несколько оперативных событий в разных субъектах РФ, актуальными становятся вопросы использования, внедрения, улучшения существующих информационно-аналитических систем, новых технологий с использованием искусственного интеллекта которые позволят эффективно проводить анализ оперативных событий и управлять силами и средствами (СиС) [3].

В настоящее время обмен информацией работа оперативно-дежурных смен ЦУКС субъектов РФ по оперативным событиям осуществляется путем докладов с использованием телефонной связи, по сети интернет, видеоконференцсвязи. Внедрение новых и

совершенствование работы действующих информационно-аналитических систем позволит оптимизировать управление силами и средствами.

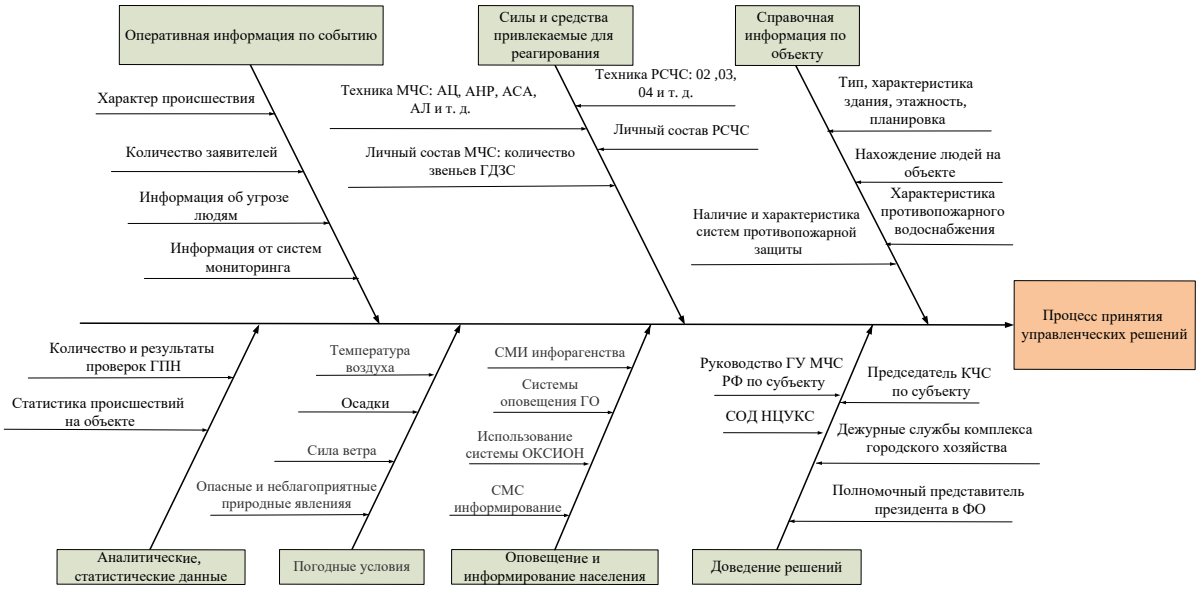


Рис. 2 - Диаграмма анализа процесса принятия управленческих решений по реагированию на ЧС, пожары и оперативные события

Результаты анализа (рис. 2) позволили определить, что реагирование и ликвидация ЧС, пожаров, оперативных событий сложный многоуровневый процесс [3].

Для принятия правильных управленческих решений часть задач по предоставлению информации выполняют различные информационно аналитические системы. Которые целесообразно объединить на базе единой информационно - аналитической системы с использованием технологии искусственного интеллекта. Данная система охватит все оперативно-дежурные смены ЦУКС субъектов РФ. Где будет размещаться информация по оперативным событиям на территории РФ. Что позволит значительно сократить время доведения информации до всех заинтересованных абонентов, обеспечит эффективное управление силами и средствами. Позволит распределять события по значимости.

Ключевое влияние на снижение времени принятия управленческих решений оказывает развитие и совершенствование систем видео мониторинга и видео наблюдения эти системы значительно сокращают время проведения анализа и оценки оперативного события снижается время принятия управленческих решений. Научно доказано, что 80

процентов информации, которую мы воспринимаем, получено нами с помощью органов зрения.

В качестве примера рассмотрим информационно аналитическую систему созданную на территории города Москвы. Комплексная информационная система мониторинга и управления СиС (КИС УСС). Предназначенная для автоматизации сквозного процесса реагирования на ЧС, пожары, происшествия.

В соответствии с поручением Мэра Москвы от 07.06.2016 КИС УСС определена в качестве базовой информационной системы «Службы 112» города Москвы. В перспективе КИС УСС может служить интеграционной платформой построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город».

Применение данной системы в работе сократило время анализа оценки оперативных событий и реагирование на них СиС.

Таким образом применение единой информационно - аналитической системы с использованием технологии искусственного интеллекта сократит время реагирования СиС. Информация, необходимая для оперативных дежурных смен ЦУКС будет централизована и стандартизирована.

Принятие управленческих решений по реагированию на ЧС, пожары и оперативные события будет качественным также ликвидация данных происшествий будет осуществляться в кратчайшее время.

Литература

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

2. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".

3. Мокшанцев А.В., Тетерин И.М., Топольский Н.Г. Модели, методы и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при поиске и обнаружении пострадавших под завалами, образовавшимися в результате чрезвычайных ситуаций, аварий, пожаров и взрывов// Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 5 (51). – 2013. – 17 с. – http//ipb.mos.ru/ttb/2013-5.

ПОДВИЖНОСТЬ ВОЗДУХА В РАЗНЫХ ПОЯСАХ ВЕРТИКАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА ПРИ ЕГО ВЕНТИЛЯЦИИ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Степаненко Даниил Александрович (danstepanenk@gmail.com)

В статье приведены результаты исследования подвижности воздушных потоков в разных поясах вертикального резервуара при его вентиляции различными способами.

Ключевые слова: вентиляция, вертикальный резервуар, предремонтная подготовка, подвижность воздуха.

THE MOBILITY OF AIR IN DIFFERENT ZONES OF THE VERTICAL TANK DURING ITS VENTILATION IN VARIOUS WAYS

Stepanenko Daniil Aleksandrovich (danstepanenk@gmail.com)

The article presents the results of a study of the mobility of air flows in different zones of a vertical tank during its ventilation by various methods.

Keywords: vertical tank, pre-repair preparation, air mobility, ventilation.

Проведение ремонта на вертикальных резервуарах предприятий нефтепромышленных комплексов является весьма пожароопасным мероприятием. При проведении таких работ должен быть обеспечен достаточный уровень пожаровзрывобезопасности [1]. Контроль за состоянием паровоздушной среды внутри резервуара перед его ремонтом – это одно из основных мероприятий по повышению уровня пожаровзрывобезопасности. В свою очередь, чтобы удалить остатки горючих паровоздушных смесей из резервуара, как наиболее экономически целесообразный и эффективный метод подготовки резервуара к ремонту, используется принудительная вентиляция [2].

Исследованию принудительной вентиляции посвящено множество работ. Особый интерес представляют недавние исследования, по применению инновационного «вихревого» способа вентиляции. Главным отличием этого способа от остальных является то, что подача воздуха во внутреннее пространство резервуара осуществляется вдоль стенок в разных направлениях [3]. Движение воздушных потоков таким образом создает условный «вихревой» закрученный воздушный поток внутри резервуара.

В своих исследованиях инновационного «вихревого» способа вентиляции, автор приводит результаты средней подвижности воздуха

внутри резервуара при его вентиляции. Данный параметр отражает среднюю подвижность воздуха по всему объему внутреннего пространства резервуара. Значения данного параметра, по мнению автора, показывают наибольшую эффективность инновационного способа, относительно других [4]. Однако на наш взгляд, необходимо исследование подвижности воздуха при вентиляции резервуара различными способами, при разделении внутреннего объема резервуара на пояса: нижний, средний и верхний, так как наибольшая подвижность воздуха должна быть именно в нижнем поясе резервуара, где находится большее количество остатков нефтепродуктов, выделяющих пары, относительно вертикальных стенок верхних поясов резервуара.

С этой целью была проведена серия опытов на экспериментальной установке, представляющей из себя уменьшенную 1:17, геометрически подобную РВС-5000 модель резервуара. Воздух внутрь установки подавался тремя различными способами: инновационным «вихревым», способом «навстречу» и «традиционным» способом, с помощью воздуходувки. Измерения скоростей воздушных потоков производились в 17-ти различных точках, в каждом из 3-х поясов резервуара (Рисунок 1) с помощью термоанемометра «ТКА-ПКМ». Измерительное оборудование отвечало необходимым требованиям и было поверено. Результаты исследования представлены на графиках ниже.

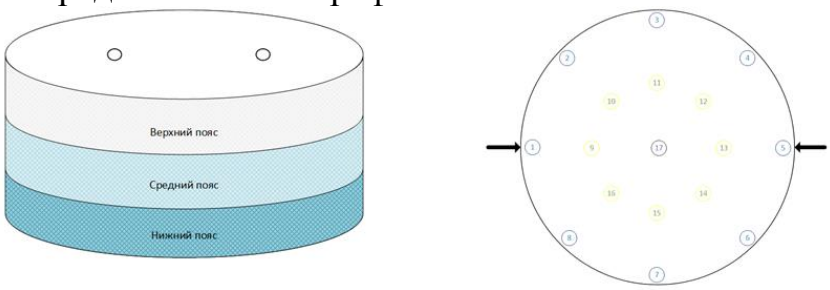


Рис. 1 – Пояса и точки измерений скоростей воздушных потоков



График 1 – Подвижность воздуха в 3-х поясах резервуара при вентиляции «вихревым» способом

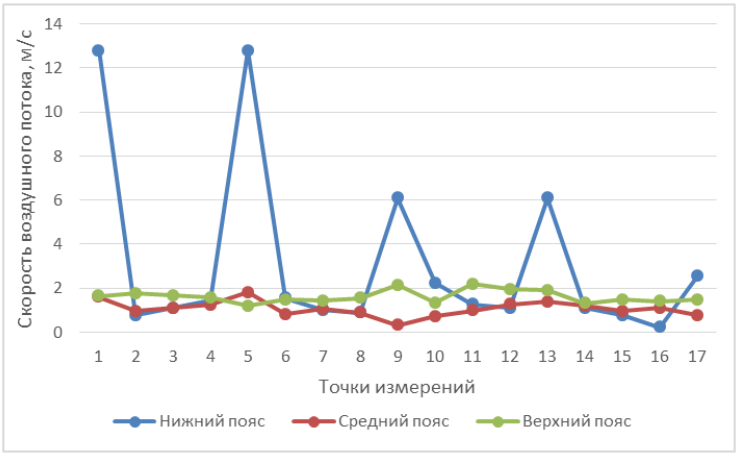


График 2 - Подвижность воздуха в 3-х поясах резервуара при вентиляции способом «навстречу»

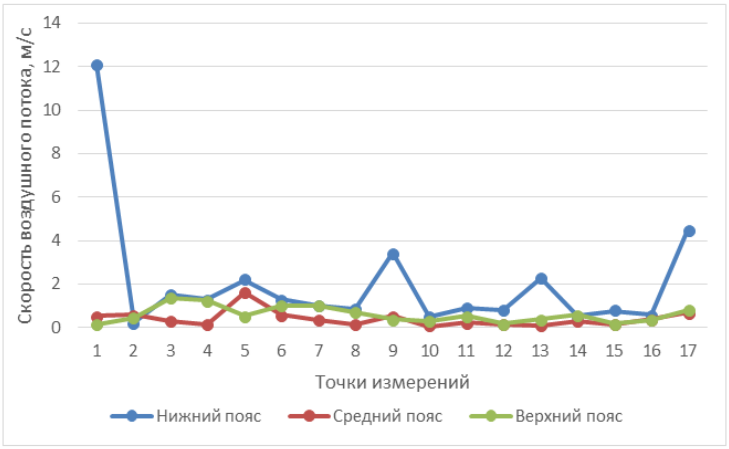


График 3 - Подвижность воздуха в 3-х поясах резервуара при вентиляции «традиционным» способом

На основании полученных данных была также рассчитана средняя подвижность воздуха в каждом из поясов резервуара при вентиляции всеми представленными способами. Результаты представлены на диаграмме ниже.

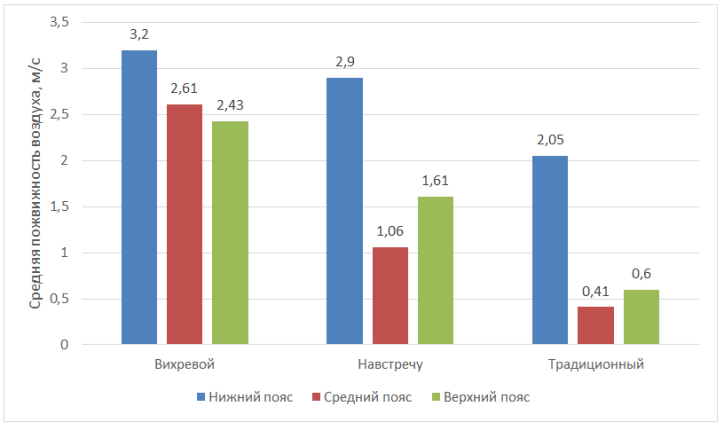


Диаграмма 1 – Значений средней подвижности воздуха в каждом из поясов резервуара при вентиляции различными способами

На основании полученных результатов опытов можно сделать вывод о том, что подвижность воздуха в нижнем поясе резервуара при вентиляции с помощью инновационного «вихревого» способа выше, чем при использовании остальных способов. Также следует отметить и разницу в подвижности воздушного потока в остальных поясах при инновационном способе, относительно остальных применяемых способов.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. N 1479 "Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).

2. Степаненко Д. А. Обеспечение пожаровзрывобезопасности вертикальных стальных резервуаров вихревой принудительной вентиляцией // Материалы двадцать восьмой международной научно-технической конференции «Системы безопасности– 2019» – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2019. 434 – 437 с.

3. Назаров В.П., Киршев А. А. Повышение эффективности вентиляции резервуаров с нефтепродуктами // Пожаровзрывобезопасность 2014. – №. 7. – С. 52-57.

4. Киршев А.А. Результаты сравнительных экспериментальных исследований способов вентиляции вертикальных цилиндрических резервуаров перед ремонтными работами // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2013. – №. 2. – С. 38-41.

УЧЕБНО-ТРЕНАЖЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»

Двоенко Олег Викторович (dvoenko_oleg@mail.ru)

Представлена информация о современных учебно-тренировочных комплексах, применяемых для изучения специальной дисциплины «Пожарная и аварийно-спасательная техника». Комплексы предназначены для отработки практических навыков эксплуатации пожарного насоса, пожарной автолестницы и работы с первичными средствами пожаротушения.

Ключевые слова: учебно-тренировочный комплекс, интерактивный тренажер, пожарная техника, практическое обучение.

TRAINING COMPLEXES FOR PRACTICAL TRAINING ON THE DISCIPLINE «FIRE AND EMERGENCY RESCUE EQUIPMENT»

Dvoyenko Oleg Viktorovich (dvoenko_oleg@mail.ru)

The information on modern educational and training complexes used to study the special discipline "Fire and rescue equipment" is presented. The complexes are intended for practicing practical skills in operating a fire pump, fire ladder and working with primary fire extinguishing equipment.

Keywords: educational and training complex, interactive simulator, fire fighting equipment, practical training.

Качественная подготовка специалистов в области пожарной и техносферной безопасности является одной из важнейших задач. Основу образовательного процесса подготовки составляет проведение всех видов учебных занятий, наличие учебно-материальной базы и современных средств и комплексов практического обучения.

Современные педагоги должны уметь квалифицированно выбирать и применять именно те средства и технологии, которые соответствуют содержанию и целям изучения конкретной специальной дисциплины, способствуют достижению целей развития обучающихся с учетом их индивидуальных особенностей [1].

Учитывая важность приобретения и совершенствования навыков практической работы будущих специалистов пожарной охраны, сотрудниками кафедры пожарной техники в составе учебно-научного комплекса «Пожарная и аварийно-спасательная техника» Академии совместно с Производственным Объединением «Зарница» были разработаны технические и компоновочные решения на создание серии современных интерактивных учебно-тренажерных комплексов [2].

Первой разработкой является интерактивный учебно-тренажерный комплекс «Пожарный центробежный насос комбинированный НЦПК 40/100-4/400». Комплекс предназначен для приобретения и закрепления знаний и навыков эксплуатации пожарного насоса типа НЦПК 40/100-4/400 обучающимися образовательных учреждений пожарно-технического профиля (рис. 1).



Рис. 1 - Интерактивный учебно-тренажерный комплекс «Пожарный центробежный насос комбинированный НЦПК 40/100-4/400»

Комплекс состоит из сборной рамы, оборудованной колесиками-фиксаторами, насоса центробежного пожарного комбинированного, системы управления и контроля.

Комплекс направлен на решение следующих задач:

- приобретение и поддержание надлежащего уровня профессиональной подготовки в вопросах правильных приемов и способов работы на пожарном насосе;
- обучение методики и алгоритмам действий при выполнении различных упражнений при работе на пожарном насосе;
- возможность осуществлять безопасную практическую подготовку обучаемых работе на пожарном насосе, с соблюдением требований охраны труда, без риска ущерба их здоровью и без загрязнения окружающей среды;
- учебный процесс оператором (преподавателем) с единого пульта управления, с возможностью последующей оценки правильности выполнения заданного упражнения, допущенных ошибок и времени;
- демонстрацию процесса выбора и выполнения упражнения на мониторе.

Еще одной разработкой является интерактивный учебно-тренировочный комплекс «Пожарная автолестница АЛ-55» (рис. 2). Комплекс предназначен для приобретения и закрепления знаний и навыков работы на пожарной автолестнице при тушении пожаров и спасении людей на высоте.

По внешнему виду и оформлению элементы комплекса соответствуют современным требованиям технической эстетики, а системы управления, устройство, компоновка и взаимное расположение органов имитируют реальное изделие.

Комплекс обеспечивает выполнение следующих задач:

- приобретение и поддержание надлежащего уровня профессиональной подготовки в вопросах правильных приемов и способов работы на пожарной автолестнице в условиях виртуального пожара;
- осуществление практической подготовки обучаемых работе на пожарной автолестнице, без риска для их здоровья и без загрязнения окружающей среды;
- планирование и формирование преподавателем заданий по отработке действий обучаемого;
- отработку действий обучаемого по установке автолестницы на опоры, по манипуляциям с лестницей, спасению людей и тушению пожаров на высоте;
- работу в режиме обучения и индивидуального тестирования.



Рис. 2 - Учебно-тренировочный комплекс «Пожарная автолестница АЛ-55»

Для отработки навыков работы с первичными средствами пожаротушения предназначен интерактивный тренажер «Первичные средства пожаротушения» (рис. 3).

Тренажер обеспечивает выполнение следующих задач:

- приобретение и поддержание надлежащего уровня профессиональной подготовки в вопросах правильных приемов и способов работы с огнетушителями;
- обучение методики и алгоритмам действий при выполнении различных упражнений при работе с огнетушителями;
- возможность осуществлять безопасную практическую подготовку обучаемых работе с огнетушителями, с соблюдением требований охраны труда, без риска ущерба их здоровью и без загрязнения окружающей среды.



Рис. 3 - Интерактивный тренажер «Первичные средства пожаротушения»

Тренажер представляет собой взаимосвязанную систему аппаратной и программной части, слаженно работающих с использованием технологии машинного зрения и VR технологий. Он представляет собой индивидуальное программное обеспечение виртуальной реальности, разработанное на движке Unreal Engine. С помощью VR-очков и специальных датчиков происходит полное погружение обучаемого пользователя в виртуальные условия чрезвычайной ситуации, где он может взаимодействовать с реальными физическими предметами для отработки навыков действий при пожаре и использования первичных средств пожаротушения.

Конструкция тренажера выполнена в виде стойки с размещенным на ней оборудованием (массогабаритными моделями огнетушителей, системным блоком с лицензионным программным обеспечением, ЖК телевизором, акустической системой) и электрофицированного стенда-тренажера «Эксплуатация огнетушителей» с разрезными агрегатами.

Стойка выполнена из анодированного алюминиевого конструкционного профиля. Покрытие защитных боковых панелей выполнено из композитного влагостойкого HPL пластика красного цвета и защищает от влаги, выгорания, механических повреждений. Массогабаритные модели огнетушителей размещаются на стойке в специальных отсеках.

Тренажер обеспечивает звуковую имитацию: шума пламени пожара, тушения, работающего огнетушителя, голосового сопровождения переговоров при обращении в экстренные службы. Визуализация тренажера базируется на «3D-технологии» построения виртуальной учебно-тренировочной среды и проецировании её на устройства вывода изображения.

На стойке тренажера представлены огнетушители следующих типов: ОП (порошковый), ОУ (углекислотный), ОВП (воздушно-пенный), вместимостью в диапазоне от 4 до 5 л (насадка каждого огнетушителя должна иметь датчики пространственного позиционирования, для точного определения расстояния до «очага возгорания» (сонар), попадания виртуальной струи огнетушащего вещества (маркера) в границы очага возгорания (лазер) и индикатором уровня заряда батареи). В целях увеличения надежности маркер попадания виртуальной струи огнетушащего вещества и датчик пространственного позиционирования должны быть выполнены независимо друг от друга с единым источником питания. Связь огнетушителей с компьютером должна быть беспроводная и осуществляется по радиоканалу.

Созданные учебно-тренировочные комплексы станут неотъемлемой частью практической подготовки обучающихся Академии ГПС МЧС России по дисциплине «Пожарная и аварийно-спасательная техника».

Литература

1. Кощеева Е.С. Информационно-образовательная среда проведения практических занятий по техническим дисциплинам в педагогическом вузе В сборнике: Подготовка молодежи к инновационной деятельности в процессе обучения физике, математике, информатике. материалы международной научно-практической конференции. Урал. гос.пед.ун-т; отв. ред. Т.Н. Шамало. 2014. С. 107-110.

2. Интернет ресурс Зарница [электронный ресурс]: URL: https://zarnitza.ru/catalog/specializirovannaya-podgotovka/uchebnoe-oborudovanie-po-go-i-chs-dlya-predpriyatiy-i-grazhdanskogo-naseleniya/ (Дата обращения 07.03.2021).

ВЫБОР ИНТЕНСИВНОСТИ ПОДАЧИ ПЕНЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ БЕНЗИНОВ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

Апанасенко Игорь Алексеевич (apanasenkoig@yandex.ru),
Фещенко Александр Николаевич (apanasenkoig@yandex.ru)

В статье проведен анализ нормативных документов, регламентирующих выбор интенсивности подачи пены для высокооктановых бензинов. Представлены результаты тушения модельных очагов в топливами разного состава подслойным способом. Выявлено, что для тушения высокооктановых бензинов с разным составом значения критической интенсивности подачи пены будут существенно отличаться.

Ключевые слова: интенсивность, подача пены, высокооктановые бензины.

SELECTION OF THE INTENSITY OF FOAM SUPPLY FOR EXTINGUISHING HIGH-OCTANE GASOLINES OF VARIOUS COMPOSITIONS

Apanasenko Igor Alekseyevich (apanasenkoig@yandex.ru),
Feshchenko Aleksandr Nikolayevich (apanasenkoig@yandex.ru)

The article analyzes the normative documents governing the choice of the intensity of foam supply for high-octane gasolines. The results of extinguishing model focuses in fuels of different composition by the sublayer method are presented. It was found that for extinguishing high-octane gasolines with different compositions, the values of the critical intensity of foam supply will differ significantly.

Keywords: Intensity, foam delivery, high-octane gasolines.

Пожары на объектах нефтегазовой отрасли зачастую носят сложный характер и наносят колоссальный ущерб государству. Если такой пожар не удается локализовать в ближайшие 2-3 часа, то далее потушить его становится сложнее. Требуется сосредоточение большого количества сил и средств, личного состава, проведение нескольких пенных атак, в результате которых необходимы значительные затраты огнетушащих средств. Наглядным примером является пожар 22 августа 2012 года на ЛПДС «Конда», тушение которого заняло около 43 часов. Ущерб от пожара составил около 1,5 млрд. рублей.

В 2015 году на территории Российской Федерации вступил в силу Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» [1], который регламентирует применение спиртов и эфиров в топливе в качестве оксигенатов. Перед практическими работниками остро встает вопрос о выборе способа и интенсивности подачи пены для обеспечения успешного тушения топлив, выпущенных в соответствии с требованиями технического регламента.

Нормативная интенсивность подачи пены для тушения высокооктановых бензинов определяется по следующим нормативным документам. Это:

- Свод правил СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [2].
- Руководство по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках [3].
- Рекомендации по тушению высокооктановых бензинов в резервуарах [4].

Анализ нормативных документов свидетельствует о имеющихся различиях в критериях выбора нормативной интенсивности подачи пены для тушения высокооктановых бензинов. Так в Своде правил [2] и Руководстве по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов [3] критерием выбора интенсивности является температура вспышки горючей жидкости, а в Рекомендациях по тушению высокооктановых бензинов [4] критерием выбора является октановое число бензина.

В соответствии с Руководством по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов [3] в резервуарах и резервуарных парках уже через 3 часа свободного горения нормативная интенсивность подачи пены должна повышаться в полтора раза. В соответствии с рекомендациями [4] нормативную интенсивность подачи пены следует увеличивать в полтора раза, если производится жесткая подача пены. Практически вся подача от передвижной пожарной техники будет являться жесткой. В нормативных

документах представлены значения интенсивностей подачи пены только лишь для отдельных способов подачи. На практике таких способов существует порядка 27, включая комбинированные способы подачи и от передвижной пожарной техники, и от пожарной автоматики. В условиях острого дефицита времени руководителю тушения пожара безусловно сложно принять решение по выбору наиболее эффективного способа подачи пены и величины интенсивности подачи.

Для определения влияния состава топлива были проведены исследования, где в качестве высокооктанового бензина были приготовлены 3 модельных топлива с одинаковым октановым числом, но добавлением различных оксигенатов. Модельное топливо №1 имело в своем составе в качестве оксигената изопропиловый спирт (ИПС), модельное топливо №2 – ИПС и метилтретбутиловый эфир (МТБЭ), модельное топливо №3 – водонерастворимый оксигенат МТБЭ. Состав модельных топлив представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Состав модельных топлив

№ п/п	Модельное топливо	Состав топлива, % *об.*				Октановое число
		МТБЭ	ИПС	Изооктан	н-гептан	
1.	Модельное топливо №1	0	9	86	5	98
2.	Модельное топливо №2	7,5	5	83	4,5	98
3.	Модельное топливо №3	15	0	80	5	98

Производилось тушение каждого модельного топлива подслойным способом подачи на основе методики, изложенной в ГОСТ Р 53280.2-2010 [5]. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1 [5].

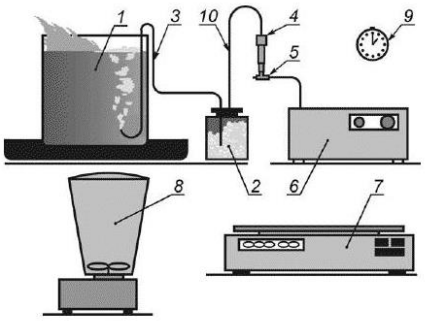


Рис. 1 - Схема экспериментальной установки
по ГОСТ Р 53280.2-2010 [5]. 1 - модель резервуара; 2 - промежуточная емкость с пеной; 3 - трубопровод для подачи пены в резервуар; 4 - измеритель расхода воздуха (ротаметр); 5 - регулирующий вентиль; 6 - компрессор; 7 - одночашечные весы; 8 - устройство для получения пены; 9 - секундомер; 10 - трубопровод для подачи воздуха в емкость с пеной

Для тушения применялся пенообразователь типа AFFF, выпущенный целевым образом для тушения высокооктановых бензинов и соответствующий ГОСТ Р 50588 [6]. Полученные результаты тушения модельных топлив с разным составом подслойным способом подачи пены представлены на рисунке 2.

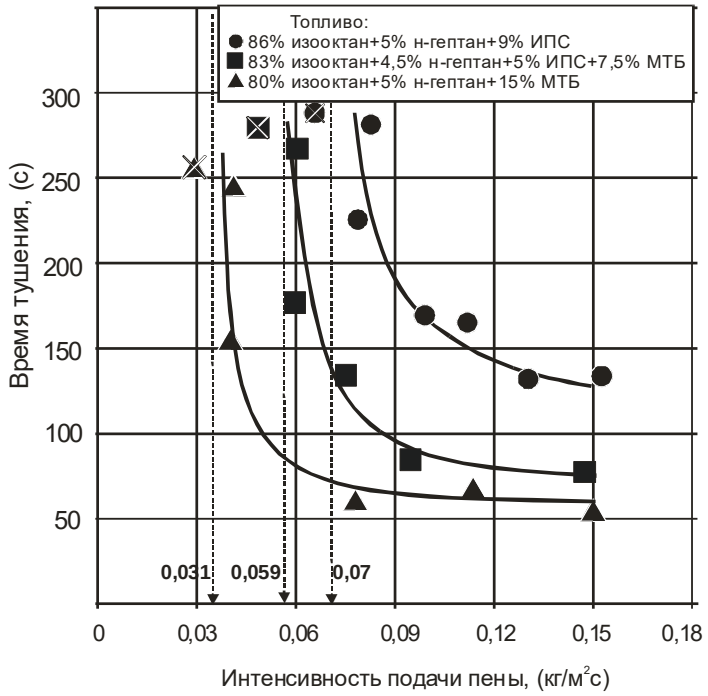


Рис. 2 - Зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены модельных топлив с разным составом

Как видно из графиков зависимости, топлива с одинаковым октановым числом, но различным составом имеют разные величины критической интенсивности подачи пены. Наиболее сложными для тушения являются высокооктановые бензины, в которых в качестве оксигената используется в большем соотношении ИПС [7]. Это связано с тем, что ИПС является водорастворимым оксигенатом и при прохождении пены через слой горючей жидкости ИПС разрушает пену.

Таким образом, по результатам данной работы было выявлено, что в различных нормативных документах предлагается выбирать интенсивность подачи пены по различным критериям, также, для некоторых способов подачи пены отсутствуют данные по выбору интенсивности. Определено, что величина критической интенсивности пены будет зависеть от состава топлива и используемых в нем оксигенатов.

В дальнейшем планируется проведение исследований с использованием способа подачи пены на поверхность, а также

комбинированного способа для оценки его эффективности при тушении высокооктановых бензинов с добавлением различных оксигенатов. Также планируется провести исследования для других типов пенообразователей.

Литература

1. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту (с изменениями на 2 декабря 2015 года)»: [Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года N 826: по состоянию на 1 дек. 2016 г.].
2. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. - М.: МЧС России, 2014. - 51 с.
3. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. – М: ГУГПС – ВНИИПО-МИПБ, 1999.
4. Рекомендации по тушению высокооктановых бензинов АИ-92, АИ-95, АИ-98 в резервуарах. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2008. - 12 с.
5. ГОСТ Р 53280.2–2010. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслойного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 01.07.2010 г. – М. : Стандартинформ, 2010. – 9 с.
6. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 01.09.2012 г. – М. : Стандартинформ, 2012. – 28 с.
7. Саутиев, М.И. Оценка влияния концентрации спирта в топливе на величину интенсивности подачи противопожарной пены [Электронный ресурс] / М.И. Саутиев, С.А. Макаров [и др.] // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 6 (58). - с. 7.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СООБЩЕНИЯ О ЧС

Кадиев Шамиль Кудрудинович (kadiev_s@inbox.ru)

В оперативно-дежурной смене центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) ежесуточно циркулируют большое количество документов, содержащих значительное количество информации. Для формализации и описания работы центров в работе представлена функциональная модель деятельности ЦУКС при получении сообщения о ЧС.

Ключевые слова: функциональное моделирование, чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательные работы, математические модели.

FUNCTIONAL MODEL OF THE ACTIVITY OF CONTROL CENTERS IN CRISIS SITUATIONS WHEN RECEIVING A MESSAGE ABOUT AN EMERGENCY

Kadiyev Shamil Kudrudinovich (kadiev_s@inbox.ru)

A large number of documents containing a significant amount of information are circulated daily in the operational-duty shift of the Crisis management centers (CCCs). To formalize and describe the work of the centers, the paper presents a functional model of the activity of the CCS when receiving an emergency message.

Keywords: functional modeling, emergency situations, emergency rescue operations, mathematical models.

Постоянное усложнение производственно-экономических и организационно-технических систем (фирмы, предприятия, производства, другие субъекты производственно-хозяйственной деятельности) и необходимость их анализа с целью совершенствования функционирования и повышения эффективности обусловливают необходимость применения специальных средств описания и анализа таких систем [1].

Система центров управления в кризисных ситуациях обеспечивает решение многих сложно структурированных задач управления. С целью формализации работы центров целесообразно использовать технологию моделирования процессов. Наиболее распространенной моделью формализации и описания процессов работы системы принято считать методологию функционального моделирования. Стандарт *IDEF0* (*Integrated Computer Aided Manufacturing Definition*) используется для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, связывающие эти функции. Основу подхода и, как следствие, методологии *IDEF0*, составляет графический язык описания (моделирования) систем.

Основным принципом методологии IDEF0 является представление работы изучаемой системы посредством графического описания взаимосвязанных блоков, которые описывают функции, происходящие в системе. К блокам подведены стрелки, интерфейсы, благодаря которым блоки взаимодействуют друг с другом.

Стрелка «Управление» обозначает нормативные документы, приказы, принципы, методики, инструкции работы системы. Стрелка «Механизм» обозначает компьютерные программы, информационные системы, средства связи, а также персонал и должностных лиц системы [2].

ЦУКС состоит из оперативно-дежурной смены и отделов, обеспечивающих деятельность центра. При получении сигнала о ЧС происходит выполнение ряда задач и осуществление функций управления. Для формализации и анализа процесса работы центра при получении сигнала о ЧС разработана функциональная модель по стандарту *IDEF0* (рис. 1).

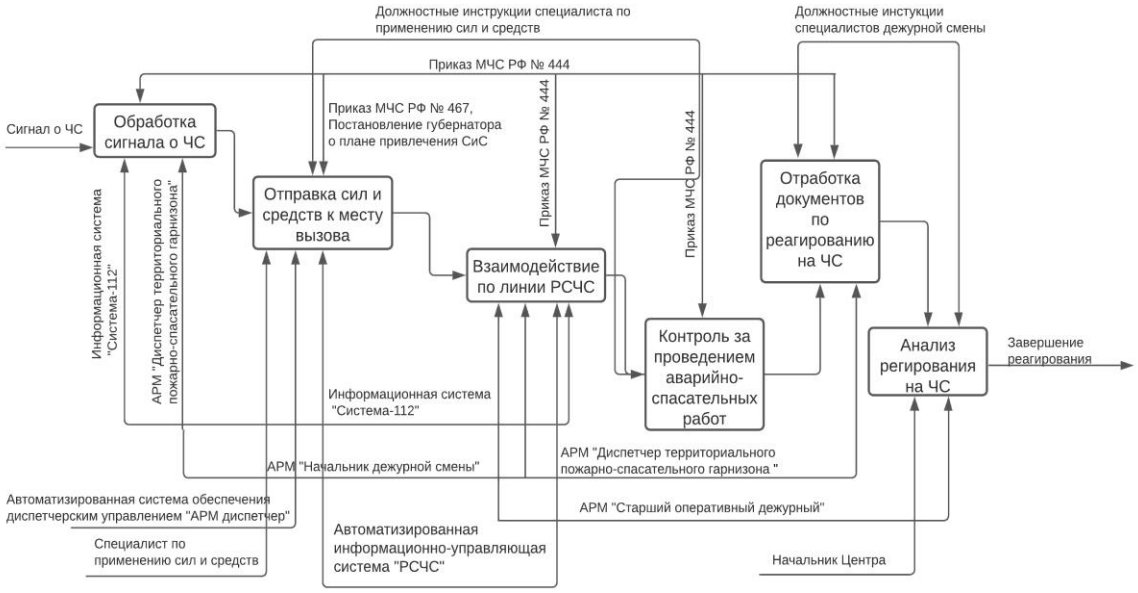


Рис. 1 - Функциональная модель деятельности ЦУКС при получении сигнала о ЧС

Модель состоит из 6 блоков, каждый из которых определяет функцию, к каждой из функций подведены информационные потоки, которые обеспечивают взаимосвязь этих блоков.

Реагирование на ЧС начинается с получения сообщения, затем следует обработка полученного сообщения – первый блок. Управление представлено приказом МЧС России от 16.10.2017 № 444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ" [3]. Механизм осуществления функции первого блока представлен информационной системой «Система-112» и должностным лицом ЦУКС – автоматизированное рабочее место (АРМ) «Диспетчер территориального пожарно-спасательного гарнизона».

Второй блок – отправка сил и средств к месту вызова, управление этой функцией осуществляется на основании приказа МЧС № 444, приказом МЧС России № 467 (ред. от 28.02.2020) «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах» и постановлением губернатора субъекта о плане привлечения сил и средств. Механизм

функции представлен автоматизированной системой обеспечения диспетчерским управлением «АРМ диспетчер».

Третий блок – взаимодействие по линии Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС). Управление функцией осуществляется на основании приказа МЧС России № 444, механизм осуществления функции обеспечивается информационной системой «Система-112», АРМ «Начальник дежурной смены» и АРМ «Старший оперативный дежурный».

Четвертый блок – контроль за проведением аварийно-спасательных работ. Управление, как и в функции третьего блока, осуществляется на основании приказа МЧС России № 444, механизм обеспечивается АРМ «Диспетчер территориального пожарно-спасательного гарнизона».

Пятый блок модели – отработка документов по результатам реагирования на чрезвычайную ситуацию. Механизм осуществления функции представлен АРМ «Диспетчер территориального пожарно-спасательного гарнизона, начальник дежурной смены».

Шестой блок модели – анализ реагирования на ЧС. Механизм осуществления функцией представлен АРМ «Старший оперативный дежурный».

Таким образом, в работе представлена и описана функциональная модель деятельности центров управления в кризисных ситуациях при получении сообщения о ЧС. Модель описывает систему в целом как ряд взаимодействующих функций, формализующих процесс работы ЦУКС при получении сигнала о ЧС. Проведенная работа станет основой для разработки онтологической модели предметной области «Деятельность ЦУКС при получении сообщения о ЧС».

Литература

1. Переверзев П. П. Функциональное моделирование процессов организации производства на машиностроительных предприятиях // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №. 2. – С. 250-259.

2. Винтова Т. А., Коваль П. Е. Основы функционального моделирования автоматизированной системы управления персоналом //Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2015. – №. 3. – С. 171-175.

3. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 "Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ".

Авторский указатель

А
Апанасенко Игорь Алексеевич....215
Апарин Александр Александрович....172
Афанасьев Евгений Александрович....166

Б
Бегишев Ильдар Рафатович....46, 108
Болдрушкиев Очир Баатрович....178
Бочаров Владимир Владимирович....202
Бурлаченко Ксения Григорьевна....80

В
Вилисов Валерий Яковлевич....144, 151
Волкова Ксения Михайловна....130

Г
Габдуллин Владислав Булатович....74
Гладченко Владислав Ярославович....197
Говор Эдуард Геннадьевич....13
Григорян Роман Артурович....84, 191
Гумиров Андрей Сергеевич....158

Д
Двоенко Олег Викторович....126, 210
Денисов Алексей Николаевич....61
Дроздов Дмитрий Александрович....17, 32

Е
Елтышев Илья Павлович....108
Ефимов Андрей Александрович....7

И
Ищенко Андрей Дмитриевич....74

К
Кадиев Шамиль Кудрудинович....219
Калиев Олег Сергеевич....20
Камлюк Андрей Николаевич....13

Кармес Алексей Петрович 37
Комаров Александр Андреевич 185
Копылов Павел Сергеевич 46
Косьянова Елена Николаевна 178
Крючков Геннадий Игоревич 96
Кузьменко Виктор Алексеевич 126

Л

Лебедев Алексей Николаевич 197
Лихоманов Алексей Олегович 13

М

Меженов Владимир Алексеевич 51
Мельдер Егор Владимирович 120
Михайлов Кирилл Андреевич 113
Мокшанцев Александр Владимирович 113, 202
Мустафин Валихан Мухтарович 56

Н

Нгуен Тай Тхе 61

О

Ольховский Иван Александрович 51, 210

П

Петрилин Дмитрий Андреевич 70
Пузач Сергей Викторович 56, 178

Р

Реформатская Ирина Игоревна 70
Роенко Владимир Васильевич 37

С

Савкина Екатерина Сергеевна 138
Сивенков Андрей Борисович 65, 89, 120
Степаненко Даниил Александрович 207
Степаненко Денис Александрович 104
Степанов Егор Владимирович 144, 151
Столяров Даниил Владимирович 113
Стругов Александр Олегович 158

Т
Таныгина Анна Алексеевна 42
Тараканов Денис Вячеславович 172
Тимохин Василий Вячеславович 161
Топольский Николай Григорьевич 144, 151

Ф
Федотов Илья Олегович 65
Фещенко Александр Николаевич 215

Х
Халиков Ринат Валерьевич 37, 42
Храмцов Сергей Петрович 37

Ч
Чистяков Тимур Игоревич 37

Ш
Шангараев Рустам Рашитович 185
Шапошник Данило Степанович 113
Шахабов Майрбек Мусаевич 89
Шихалев Денис Владимирович 7, 25, 84

Щ
Щербаков Николай Александрович 126

Я
Ягодка Евгений Алексеевич 32

МАТЕРИАЛЫ
X-ОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ «ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – 2021»

Составители:
доктор техн. наук, профессор Алешков Михаил Владимирович,
канд. техн. наук, доцент Хабибулин Ренат Шамильевич,
канд. техн. наук, доцент Буцынская Татьяна Анатольевна,
канд. техн. наук Мокшанцев Александр Владимирович,
канд. техн. наук Шихалев Денис Владимирович,
канд. техн. наук Гудин Сргей Витальевич,
канд. техн. наук Соковнин Артем Игоревич

Издано в авторской редакции

Л.Р. № 020611 от 31 июля 2001 г.

Подписано к печати 31.03.2021		Формат бумаги 60×90 $^{1}/_{16}$
Бумага офсетная		Печ. л. 21,75 Уч.-изд. л.
Тираж 150	15,8	
		Заказ № 215

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4