

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
И СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА
В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ**
№ 1 – 2020

Редакционный совет

Председатель – кандидат технических наук генерал-майор внутренней службы **Гавкалюк Богдан Васильевич**, начальник университета.

Сопредседатель – доктор наук **Савич Бранко**, директор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

Заместитель председателя – доктор политических наук, кандидат исторических наук **Мусиенко Тамара Викторовна**, заместитель начальника университета по научной работе.

Заместитель председателя – доктор наук **Милисавлевич Бранко**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Ложкин Владимир Николаевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства;

доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник высшей профессиональной школы России **Коннова Людмила Алексеевна**, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Галишев Михаил Алексеевич**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

доктор химических наук, профессор **Ивахнюк Григорий Константинович**, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств;

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Чешко Илья Данилович**, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

доктор химических наук, профессор **Сиротинкин Николай Васильевич**, декан факультета технологии органического синтеза и полимерных материалов Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета);

доктор наук **Бабич Бранко**, преподаватель Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Карабасил Драган**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Петрович Гегич Анита**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук (PhD), профессор **Агостон Рестас**, начальник Департамента противопожарной профилактики и предотвращения чрезвычайных ситуаций Института управления в чрезвычайных ситуациях (Республика Венгрия);

доктор технических наук **Мрачкова Ева**, профессор кафедры противопожарной защиты Технического университета г. Зволен (Республика Словакия);

кандидат технических наук полковник внутренней службы **Иванов Юрий Сергеевич**, первый заместитель начальника Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь).

Секретарь совета:

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности;

кандидат технических наук **Наташа Суботич**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

Редакционная коллегия

Председатель – подполковник внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Члены редакционной коллегии:

кандидат педагогических наук **Кузьмина Татьяна Анатольевна**, доцент кафедры надзорной деятельности (ответственный за выпуск);

капитан внутренней службы **Ильницкий Сергей Владимирович**, старший инспектор Центра международной деятельности и информационной политики;

майор внутренней службы **Гайдукевич Александр Евгеньевич**, старший инженер-программист Центра информационных и коммуникационных технологий;

кандидат технических наук **Кузьмин Александр Алексеевич**, доцент кафедры механики Санкт-Петербургского государственного технологического института (технологического университета);

доктор технических наук **Петра Танович**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Хвайоунг Ким**, доцент отдела пожарной безопасности университета Кюнгил (Республика Корея);

кандидат технических наук **Навроцкий Олег Дмитриевич**, начальник отдела Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь);

доктор юридических наук, доцент полковник внутренней службы **Медведева Анна Александровна**, начальник Центра международной деятельности и информационной политики;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Бельшина Юлия Николаевна**, начальник кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз.

Секретарь коллегии:

капитан внутренней службы **Мамедова Лилия Николаевна**, ответственный секретарь редакционного отделения редакционного отдела Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Принцева М.Ю., Лобова С.Ф. Мониторинг остатков легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в грунте методом флуоресцентной спектроскопии 5

НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Фомин А.В. Государственный пожарный надзор за расходными складами нефти и нефтепродуктов на основе риск-ориентированного подхода 10

Латышев О.М., Миронов А.В., Сысоева Т.П. SMS-рассылки в сфере профилактической противопожарной деятельности 13

Фомин А.В., Магомедов В.Б. Обеспечение пожарной безопасности объектов культурного наследия средствами противопожарной пропаганды и обучения 19

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ И ОБЪЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Полевщикова Е.В. Инженерные методы оценки огнестойкости строительных конструкций 26

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Минкин Д.А., Яндиев М.А. Тепловой режим защитной стенки цилиндрического резервуара в условиях пожара 33

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Кузьмин А.А., Кузьмина Т.А. Анализ процесса тепломассообмена капель огнетушащей эмульсии с продуктами горения 39

Сведения об авторах 45

Информационная справка 46

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», без письменного разрешения редакции не допускается

ББК Н96С+Ц.9.3.1+Х.5
УДК 349

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149. Редакция журнала «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», тел. (812) 645-20-35. e-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт научно-аналитического журнала WWW.ND.IGPS.RU

Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU
ISSN 2304-0130

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2020

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

МОНИТОРИНГ ОСТАТКОВ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ И ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ В ГРУНТЕ МЕТОДОМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

М.Ю. Принцева, кандидат технических наук;

С.Ф. Лобова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведены исследования по обнаружению исходных и выгоревших легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, применяемых при поджогах, методом флуоресцентной спектроскопии. Определено время, по прошествии которого возможно обнаружение остатков горючих жидкостей данным методом. Показано, что остатки автомобильного бензина обнаруживаются в грунте методом флуоресцентной спектроскопии до двух недель, а остатки дизельного топлива – до пяти недель включительно.

Ключевые слова: экспертиза пожаров, флуоресцентная спектроскопия, грунт, почва, ароматические углеводороды, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нефтепродукты

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ, ГЖ) – доступное и часто используемое средство поджога. Они применяются как сами по себе с целью интенсификации горения, так и в составе сложных самодельных зажигательных устройств. Обнаружение на месте пожара остатков легковоспламеняющихся и горючих жидкостей является важным квалификационным признаком поджога, а сведения о типе и составе жидкости – криминалистически значимой информацией, которая может оказаться полезной при его расследовании.

Часто встречаются случаи, когда ГЖ проливаются на грунт под полом, в подвалы или попадают на землю, когда поджигатель делает «дорожку» из жидкости.

Почва представляет собой отличный потенциальный объект-носитель остатков ЛВЖ, ГЖ, так как имеет повышенную пористость и часто остается холодной и влажной во время пожара, замедляя испарение горючей жидкости [1].

В идеале поиски остатков ГЖ должны осуществляться непосредственно после пожара. Особенно это важно, когда поиски приходится проводить на открытом воздухе, когда следовые количества горючей жидкости, сохранившиеся после её выгорания, подвергаются воздействию погодных факторов – выветриванию, вымыванию дождем, тающим снегом и др. Однако не всегда поиски остатков жидкости проводятся сразу после совершения преступления. Может пройти от нескольких дней до нескольких недель, а иногда и месяцев после поджога. Поэтому важно знать, по истечении какого времени возможно обнаружение остатков горючих жидкостей. Этот вопрос весьма актуален на стадии планирования и проведения следственных действий и экспертных исследований.

В статье излагаются результаты экспериментов по обнаружению остатков ГЖ в грунте методом флуоресцентной спектроскопии и определено время, по прошествии которого возможно обнаружение этих остатков данным методом.

Объектами исследования являлись автомобильный бензин марки АИ-92 и зимнее дизельное топливо.

Съемка спектров флуоресценции исследуемых нефтепродуктов проводилась на спектрофлуориметре «Флуорат-02-Панорама» (ООО «Люмекс», СПб.), работающем в диапазоне длин волн 210–690 нм при следующих условиях съемки: длина волны возбуждения – 255 нм, область регистрации – от 265 до 450 нм, чувствительность – низкая, число вспышек – 25, шаг – 1 нм. В качестве растворителя использовался гексан марки «ОСЧ».

Для исследования проб грунта с остатками горючих жидкостей методом флуоресцентной спектроскопии проводилось извлечение остатков способом периодического экстрагирования [2].

На рис. 1 приведены спектры флуоресценции представителей групп ЛВЖ и ГЖ, появление которых на пожаре наиболее вероятно – автомобильного бензина и дизельного топлива. Критерием при классификации ГЖ методом флуоресцентной спектроскопии является присутствие на спектрах характерных комбинаций максимумов (областей) флуоресценции [3, 4].

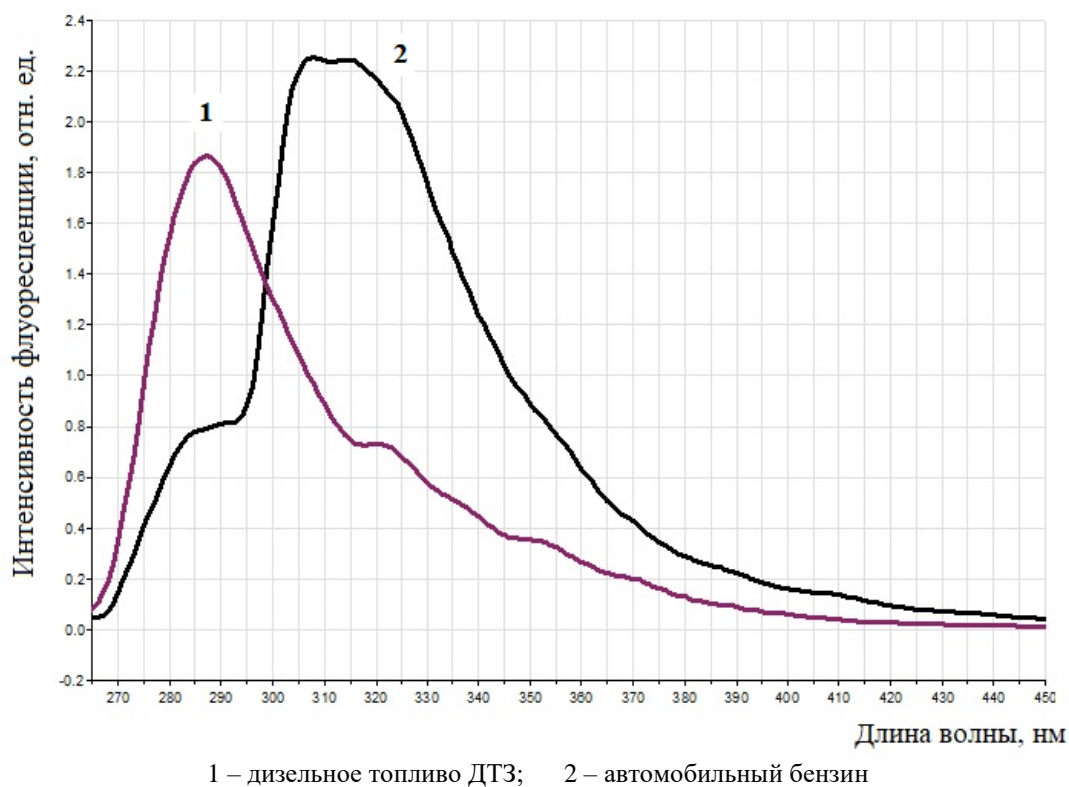
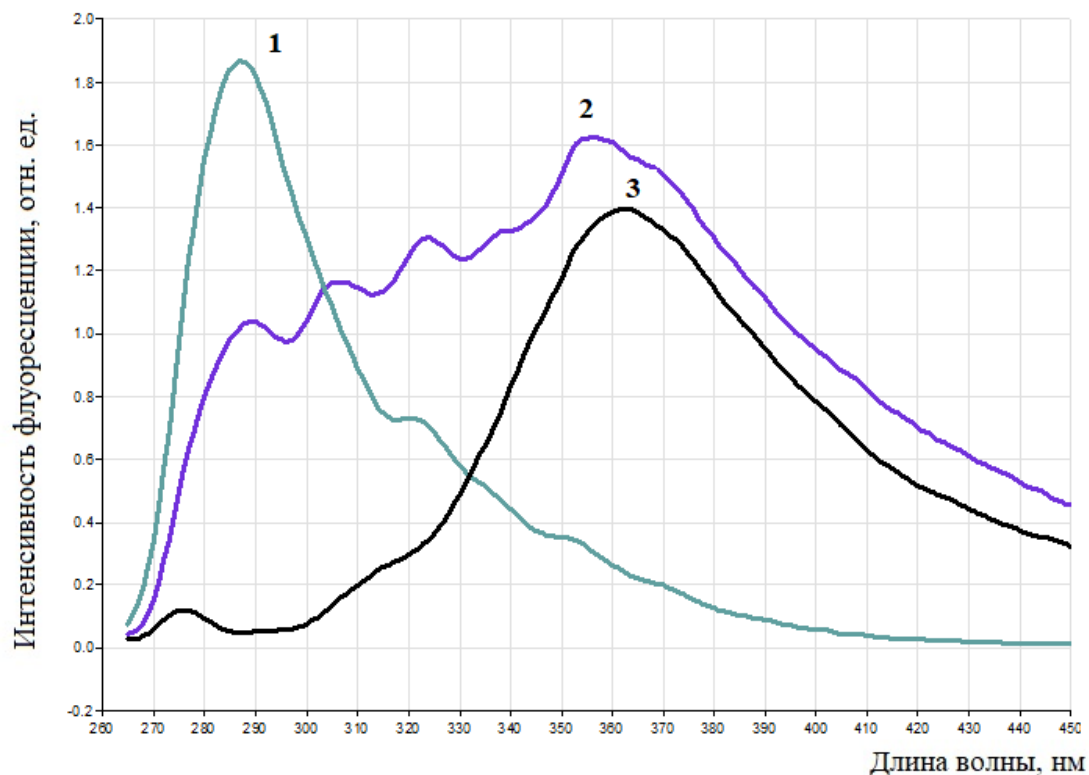


Рис. 1. Спектры флуоресценции горючих жидкостей

На спектрах флуоресценции гексановых экстрактов грунта с остатками бензина характерные максимумы в области моноароматических углеводородов (МАУ) 270–300 нм и бициклических ароматических углеводородов (БАУ) 300–330 нм сохраняются до двух недель включительно (рис. 2). После третьей недели на спектрах гексановых экстрактов грунта с остатками бензина помимо перечисленных максимумов появляются максимумы в области трициклических ароматических углеводородов (ТАУ) типа фенантрена и его гомологов 340–370 нм (рис. 2). Начиная с четвертой недели на спектрах флуоресценции исследуемых экстрактов грунта с остатками бензина максимумы, характерные для автомобильных бензинов, отсутствуют. На спектрах присутствуют только малоинтенсивные максимумы в области БАУ и интенсивный в области ТАУ. Данные максимумы флуоресценции, вероятнее всего, относятся к экстрактивным компонентам самого грунта.

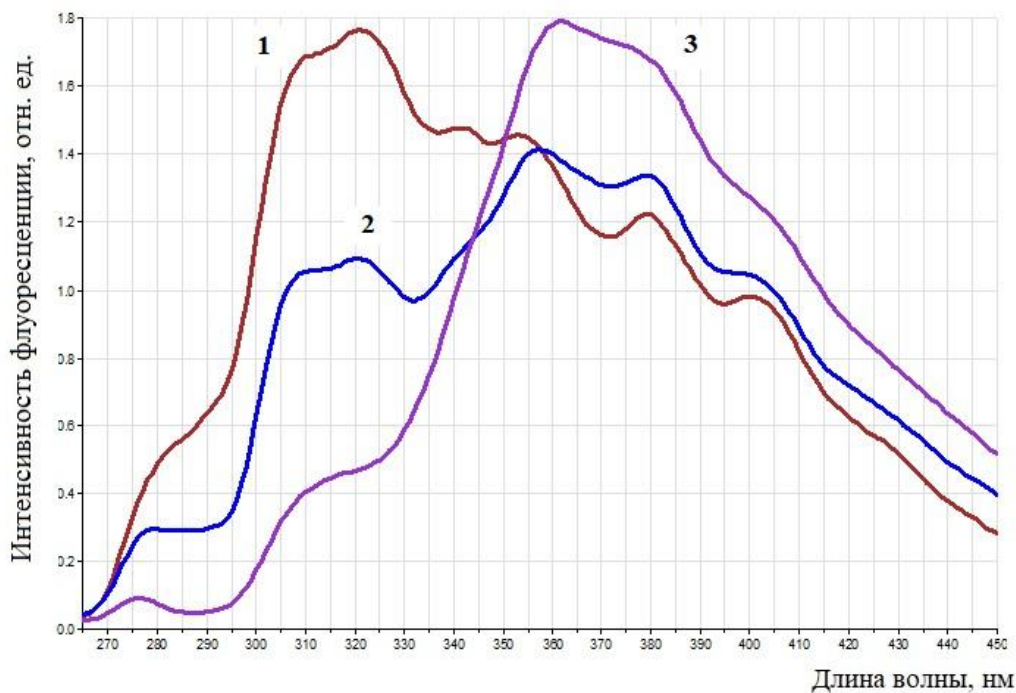
Так как интенсивность флуоресценции увеличивается с возрастанием числа колец и сопряженных двойных связей [5, 6], то флуоресценция трициклических ароматических углеводородов может перекрывать флуоресценцию моно- и бициклических ароматических углеводородов, даже если их количество превышает ТАУ.



1 – исходный автомобильный бензин; 2 – гексановый экстракт грунта через две недели;
3 – гексановый экстракт грунта через четыре недели

Рис. 2. Спектры флуоресценции автомобильного бензина и гексановых экстрактов грунта с остатками автомобильного бензина, отобранного в разное время

Таким образом, максимумы флуоресценции трициклических ароматических углеводородов, присутствующие в грунте, вероятнее всего, маскируют максимумы, характерные для автомобильного бензина (МАУ, БАУ).



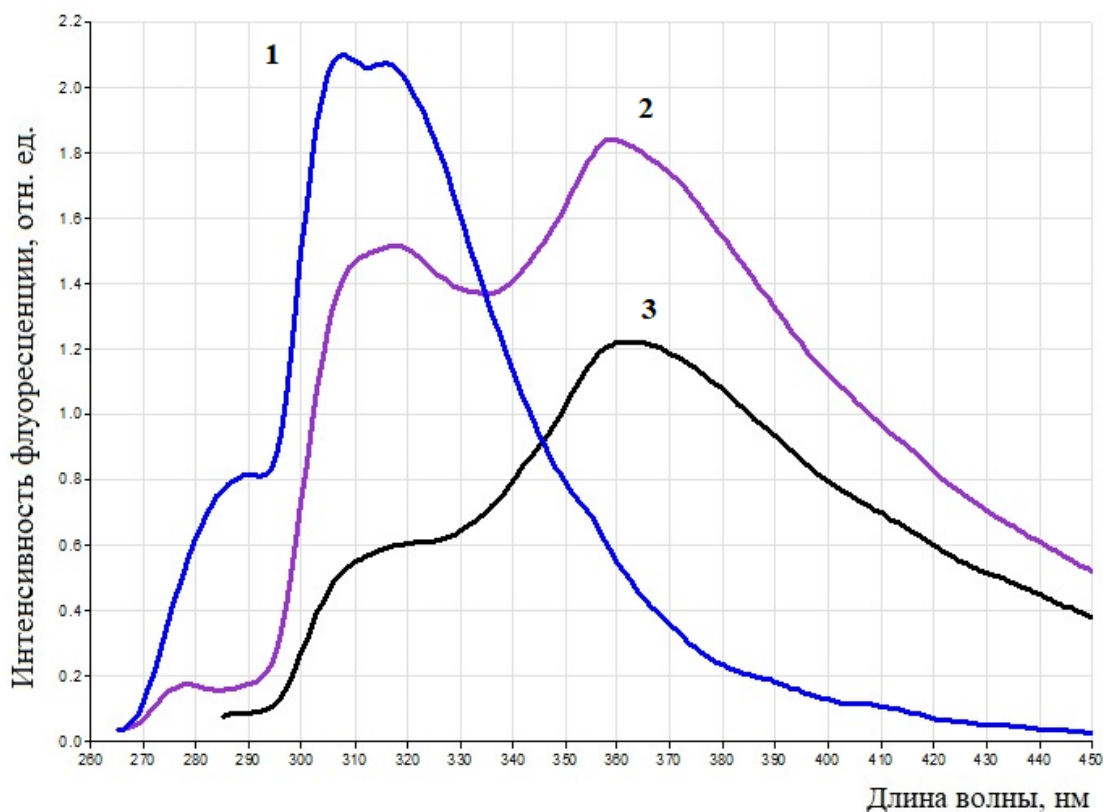
1 – через одну неделю; 2 – через две недели; 3 – через четыре недели

Рис. 3. Спектры флуоресценции гексановых экстрактов грунта с остатками выгоревшего автомобильного бензина, отобранного в разное время

Поэтому необходимо помнить, что отсутствие на спектре флуоресценции гексановых экстрактов грунта характерных для автомобильного бензина максимумов не является основанием для полного исключения наличия бензина в грунте. Остатки бензина могут быть обнаружены методом газожидкостной хроматографии.

Для выгоревших автомобильных бензинов на спектрах флуоресценции характерные максимумы в области БАУ 300–330 нм, ТАУ типа фенантрен и его гомологи 340–370 нм и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) типа антрацен, пирен и их гомологи 370–390 нм, 390–410 нм сохраняются в грунте до двух недель включительно (рис. 3). Через четыре недели в максимумы флуоресценции в области ПАУ практически отсутствуют.

Дизельные топлива, в отличие от автомобильного бензина, лучше сохраняются, и их обнаружение в грунте методом флуоресцентной спектроскопии возможно до пяти недель включительно (рис. 4).



1 – дизельное топливо; 2 – гексановый экстракт грунта с остатками дизельного топлива через пять недель; 3 – гексановый экстракт грунта с остатками выгоревшего дизельного топлива через пять недель

Рис. 4. Спектры флуоресценции дизельного топлива и гексановых экстрактов грунта с остатками дизельного топлива, отобранного в разное время

Таким образом, на примере автомобильного бензина и дизельного топлива показано, что остатки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей могут сохраняться в грунте достаточно долго (до двух недель для автомобильных бензинов и до пяти недель для дизельных топлив), несмотря на неблагоприятные погодные условия, и могут быть обнаружены методом флуоресцентной спектроскопии. Обнаружение нефтепродуктов методом флуоресцентной спектроскопии было бы возможно и через более длительное время, однако присутствие максимумов БАУ и ТАУ, характерных для тяжелых фракций нефти, относящихся к экстрактивным веществам грунта, перекрывают максимумы флуоресценции, характерные для остатков ЛВЖ, ГЖ. Поэтому необходимо помнить, что при отсутствии на спектре флуоресценции грунта характерных для ГЖ комбинаций максимумов, исследование грунта следует проводить методом газожидкостной хроматографии.

Литература

1. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара. СПб.: ООО «Береста», 2012. Кн. 2. 364 с.
2. Романков П.Г., Курочкина М.И. Экстрагирование из твердых материалов. Л.: Химия, 1983. 256 с.
3. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Яценко Л.А. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2010. 90 с.
4. Принцева М.Ю., Клаптюк И.В., Чешко И.Д. Применение метода флуоресцентной спектроскопии для обнаружения и установления состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, используемых при поджогах // Пожарная безопасность. 2010. № 2. С. 94–99.
5. Паркер С. Фотолюминесценция растворов. М.: Мир, 1975. 510 с.
6. Алексеева Т.А., Теплицкая Т.А. Спектрофлуориметрические методы анализа ароматических углеводородов в природных и техногенных средах. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 216 с.



НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЖАРНЫЙ НАДЗОР ЗА РАСХОДНЫМИ СКЛАДАМИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

**А.В. Фомин, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложена математическая модель, позволяющая определять уровень коллективного риска для людей, находящихся в зоне потенциальных негативных последствий возможного пожара, исходя из доступных параметров. Это повысит эффективность контрольно-надзорной деятельности и уровень пожарной безопасности расходных складов нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, расходные склады нефти и нефтепродуктов, риск-ориентированный подход, мероприятия по контролю, оценка риска

Обеспечение пожарной безопасности на объектах защиты, к которым относятся склады нефти и нефтепродуктов и, в частности, их расходные склады – одна из важнейших задач, от ее решения зависит успешное развитие и функционирование экономики государства.

Расходные склады – это склады нефтепродуктов, входящие в состав промышленных, транспортных, энергетических, сельскохозяйственных, строительных и других предприятий и организаций [1].

При этом необходимые мероприятия по контролю, осуществляемые органами государственного пожарного надзора, должны способствовать достижению требуемого уровня безопасности с минимальными экономическими издержками. Реализация такого подхода оптимальными средствами, с учетом основных принципов законодательства о техническом регулировании, возможна при переходе к объектно-ориентированным технологиям, в том числе с использованием расчетных методов [2].

В целях оптимального использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов, задействованных при осуществлении государственного контроля (надзора), снижения издержек юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и повышения результативности своей деятельности органами государственного контроля (надзора) при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) может применяться риск-ориентированный подход [3].

Риск-ориентированный подход представляет собой метод организации и осуществления государственного контроля (надзора) путем выбора формы, продолжительности, периодичности проведения мероприятий по контролю и профилактике нарушений обязательных требований на основе отнесения субъектов надзора в области пожарной безопасности к определенной категории риска.

Органом государственного контроля (надзора) субъект надзора относится к установленным классам опасности с учетом тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения обязательных требований, а к категории риска – также с учетом оценки вероятности несоблюдения соответствующих обязательных требований [4].

Классификация категорий риска объектов защиты и отнесение таких производственных объектов, как расходные склады нефти и нефтепродуктов (СНН), регламентировано Положением о федеральном государственном пожарном надзоре (ГПН) [5].

Анализ системы категорирования расходных СНН по степени риска позволяет выделить следующие элементы: субъектом управления является орган ГПН; объектом управления – расходные СНН, входные параметры – показатели, влияющие на уровень опасности расходных СНН, выходные – числовой показатель категории риска. Основным процессом системы категорирования расходных СНН по степени риска является определение категории риска расходных СНН исходя из вероятности и тяжести потенциальных негативных последствий возможного пожара [5].

В настоящее время категория риска расходных СНН определяется по признакам, не учитывающим вероятность и тяжесть причинения вреда, так как отнесены к определенной категории риска по признакам, определяющим опасный производственный объект.

Таким образом, категория риска расходного СНН определяется условным, а не расчетным методом. Законодательство предусматривает отнесение субъектов надзора к определенной категории риска при помощи проведения расчета значений показателей, используемых для оценки вероятности и тяжести потенциальных негативных последствий возможного негативного сценария. Методика такого расчета должна утверждаться МЧС России, являющимся уполномоченным федеральным органом исполнительной власти по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в соответствующей сфере деятельности. Однако существующая методика проведения расчетов по оценке пожарного риска, утвержденная МЧС России в отношении производственных объектов [6] в целях категорирования таких производственных объектов, как расходные СНН, не применима по следующим причинам:

- значение некоторых принятых в расчетах параметров неизвестно без проведения проверки объекта защиты;
- проведение расчетов рисков обусловлены большой трудоемкостью и объемом вычислений.

Расчеты по оценке рисков, приводимые в декларациях и паспортах безопасности опасных производственных объектов, содержат элементы субъективного характера.

В связи с этим предлагается разработка математической модели для расчетного экспресс-метода определения категории риска расходных СНН, которая определит степень опасности объекта в зависимости от уровня риска для людей, находящихся в зоне потенциальных негативных последствий возможного пожара.

В процессе категорирования расходных СНН по степени риска с позиции исследования операций потребовалось разработать математическую модель, которая определяла бы коллективный риск расходных СНН при наличии доступных параметров. Показателем исхода операции является числовое значение степени коллективного риска.

Исходя из цели исследования, представляется, что в модели должны использоваться только достоверные факторы, а для достижения целей риск-ориентированного подхода следует учитывать ограниченность трудовых и временных ресурсов, методика расчета не должна быть трудоемкой и должна иметь минимальный набор расчетных параметров.

Применение теории вероятностей и математической статистики для проведения количественной оценки риска на расходных СНН является наиболее приемлемым [7].

Вероятностные события A (пожар и пострадавшие в результате воздействия опасных факторов пожара на расходных СНН) являются независимыми. По теореме умножения совместных и независимых событий риск (вероятность) совместного проявления таких событий можно определить по формуле:

$$P_{A_1, A_2, \dots, A_m} = \prod_{i=1}^m [R(A_i)].$$

Риск R для двух событий: пожар A_1 и пострадавшие A_2 при пожаре:

$$R = R(A_1)R(A_2).$$

Риск $R(A_1)=R_1$ пожара на расходном СНН определяется как вероятность события, то есть характеризуется отношением числа пожаров n на расходных СНН на определенной территории, к общему числу N расходных СНН, находящихся на этой территории за определенный период времени t :

$$R_1 = \frac{n}{tN} .$$

Риск R_2 – вероятность гибели или травматизма людей при пожаре на расходном СНН может быть выражена как математическое ожидание случайной величины, то есть произведение вероятности пожара с пострадавшими R_{nn} , на величину ожидаемых последствий N_{nn} для людей, пострадавших при пожаре на расходном СНН:

$$R_2 = R_{mo} = R_{nn} N_{nn} .$$

При этом риск R_{nn} пострадать человеку при пожаре на расходном СНН выражается как вероятность события, то есть отношение статистических данных о числе пострадавших людей при пожарах n_n на расходных СНН к общему числу людей N_n , подвергнувшихся опасности:

$$R_{nn} = \frac{n_n}{tN_n} .$$

Таким образом, рассмотрев системный процесс категорирования расходных СНН по степени риска с позиции исследования операций, разработана математическая модель определения коллективного пожарного риска расходных СНН:

$$R_{kn} = \frac{n}{tN} \left(\frac{n_n}{tN_n} N_{nn} \right) ,$$

где: n – количество пожаров на расходных СНН; N – число расходных СНН; t – наблюдаемый (анализируемый) период; n_n – число пострадавших (погибших и травмированных) при пожарах на расходных СНН; N_n – число людей, подвергнувшихся опасности пожара; N_{nn} – число возможных пострадавших, находящихся в зоне санитарных потерь при пожаре расходных СНН.

Предлагаемая математическая модель базируется на положениях теории вероятностей и математической статистики, учитывает требования действующего законодательства в части отнесения объектов защиты к различной категории риска для определения интенсивности проведения органами ГПН проверок в зависимости от вероятности и тяжести потенциальных негативных последствий для людей от возможного несоблюдения на объекте защиты обязательных требований, приведших к пожару.

Внедрение расчетного метода при применении риск-ориентированного подхода позволит повысить эффективность федерального ГПН и уровень пожарной безопасности расходных СНН.

Литература

1. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности (в ред. от 09.03.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 27 дек. 2018 г.): Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля (в ред. от 02.08.2019): Федер. закон Рос. Федерации от 26 дек. 2008 г. № 294-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации (в ред. от 21 марта 2019 г.): постановление Правительства Рос. Федерации от 17 авг. 2016 г. № 806. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. Об утверждении Положения о федеральном государственном пожарном надзоре (в ред. от 9 окт. 2019 г.): постановление Правительства Рос. Федерации от 12 апр. 2012 г. № 290. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ЮНИТИ-Дана, 2007, 551 с.

SMS-РАССЫЛКИ В СФЕРЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О.М. Латышев, кандидат педагогических наук, профессор;

А.В. Миронов;

Т.П. Сысоева, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена система SMS-оповещений о чрезвычайных ситуациях, которая мгновенно стала востребованной, потому как обеспечивает возможность индивидуально сообщать информацию каждому россиянину. Проанализировано информирование населения о противопожарных мероприятиях с позиции штатных систем информирования населения с помощью систем SMS-оповещения. Предложено в качестве одной из задач надзорных органов разрабатывать сообщения пожарно-профилактической направленности.

Ключевые слова: система пожарной безопасности, статистика пожаров, противопожарная подготовка граждан, SMS, голосовые сообщения, автодозвон

По сути, *пожар – своеобразный экстремальный вид события*, являющийся мощным дестабилизирующим фактором, негативно влияющим на региональную экономическую устойчивость, при этом важнейшую значимость имеет понятие «пожарная безопасность». Но возникает вопрос «Почему в Российской Федерации на пожарах ежегодно гибло 6000 человек, а сейчас как минимум на 60 % больше?» [1, 2]. Проблема гибели россиян на пожарах – это главная забота МЧС России.

По нашему мнению, пожарная безопасность (ПБ):

- управляемый вид безопасности;
- является правовым институтом, обладающим совокупностью правовых норм, которые регулируют состояние защищенности сферы живой природы, сферы неживой природы и социальной сферы от пожаров.

Пожарная безопасность – социальное явление, которое определяет:

- деятельность в пожарно-профилактической сфере;
- процесс поэтапного освоения методов «пожаробезопасного поведения»;
- система достижения требуемого статуса и его развития в зависимости от возникающих факторов и условий.

Отношение к пожарной безопасности необходимо исследовать на личностном уровне с учетом состояния психологической безопасности и психологической защищенности личности. Исследовать уровень пожаробезопасного поведения и поступков (правильное применение средств индивидуальной защиты в период учебных тревог, формирование

правильного поведения при чрезвычайных ситуациях [3]. Проводимые мероприятия, направленные на повышение пожароустойчивости объектов защиты, основываются на «логике воздействия», но статистика говорит о том, что количество пожаров не уменьшается. На пожарах гибнут люди, уничтожаются материальные ценности.

В основу современного пожарно-профилактического образовательного процесса положена «логика взаимодействия» с участниками, то есть психологическое воздействие заменяется на взаимодействие с участниками образовательного процесса.

«Логика взаимодействия» должна сопровождаться:

- формированием позитивного отношения к пожарно-профилактическому образовательному процессу у всех ее участников;
- преобладанием диалогической направленности образовательного процесса между участниками и модератором;
- низким уровнем психологического насилия над участниками;
- предотвращение психологических угроз для участников;
- организацией личностно-доверительного общения среди участников и модератором.

Инспектор пожарного надзора (ГПН) должен владеть основами теории обучения, то есть целенаправленно доводить до населения идеи и знания ПБ необходимого уровня и в приемлемой форме.

Пожарный инспектор ГПН в процессе пожарно-профилактического образовательного процесса использует различные методы «взаимодействия» с аудиторией. Выбор метода «взаимодействия» зависит от электората и направлен на формирование позитивного отношения к ПБ каждого индивида, что соответствует современному периоду, в котором преобладают непредсказуемые ситуации [4].

Реальным подходом к поиску направлений обеспечения ПБ может являться только четкое определение пожарной опасности, тех факторов и компонентов, которые несут в себе потенциальные угрозы, а также наличие сопутствующих факторов, предметов материального мира и причин, способных вызвать возгорание.

Важной отличительной особенностью современного периода является требование к формированию инновационных научных, технических и организационных комплексов для решения противопожарных мероприятий.

Инновационным совершенствованием методов защиты объектов (личностей и имущества) от пожаров и повышения противопожарной грамотности населения России необходимо усовершенствовать [4]:

- пожарный мониторинг состояния объектов защиты посредством автоматической системы передачи извещений с объектов службам МЧС России;
- комплексную систему экстренного оповещения населения в части обеспечения доведения до россиян противопожарных мероприятий.

Изложенные цели смежные, так как передача информации осуществляется через сотовых операторов. Важнейшим результатом развития пожарного мониторинга и оповещения может стать формирование единой системы [5]. Это и логично, и экономически эффективно. Следует избегать стереотипов: «проинструктировать, вручить памятки по соблюдению правил защиты от пожаров, вовлечь максимум численности личного состава ПО, ГПН, отчитаться перед вышестоящими начальниками». Пора примитивно-прямолинейные профилактические противопожарные мероприятия менять на интеллектуально-инновационную деятельность сотрудников ГПН МЧС России.

Обеспечение ПБ объекта защиты начинается с выявления и оценки всевозможных рисков, применения современных технологических приемов по целенаправленному снижению их значения до допустимого уровня. Таким образом, сформируется воздействие и управление пожарными рисками на объекте. Снижение пожарных рисков осуществляется посредством формирования комплексного плана, исполнение которого в инженерно-технических, экономических, социальных сферах позволит снизить уровень пожарного риска R до допустимого уровня R^* , то есть обеспечит выполнение неравенства $R < R^*$ [6].

Необходимо отметить, что многообразное использование мер, способов и методов обеспечения ПБ любого объекта защиты (от страны, региона до предприятия, жилого дома и пр.) являются средствами управления пожарными рисками. Самое активное участие в этом процессе должны принимать инспекторы ГПН [7].

В Федеральном законе от 21 ноября 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» предусматривается «противопожарная пропаганда» и «обучение населения мерам пожарной безопасности» [8, 9]. Правовая основа осуществления профилактики пожаров дополнена Федеральным законом от 23 июня 2016 г. № 182-ФЗ «Об основах системы профилактики правонарушений в Российской Федерации» [8].

Для формирования группы, осваивающей противопожарную тематику, модератору необходимо систематизировать все свои идеи и инновационные методологии по противопожарной пропаганде, определив конкретное направление, в котором информационный ресурс будет развиваться. Определившись с направлением, необходимо составить психологический портрет новой группы и выработать специфическую систему противопожарной пропаганды, выбрать оригинальные методики, методы и формы, инновационные технологии пропаганды, которые оптимально соответствуют поставленным целям.

Внедрение инноваций в систему противопожарной пропаганды является важным условием реформирования и совершенствования существующей системы противопожарного образования, которое не может осуществляться иначе, чем через освоение нововведений, новшеств, при этом содержание противопожарного образования должно ориентироваться на индивидуальность каждого гражданина, его личностные успехи и способности.

Инновационные технологии в системе противопожарной пропаганды направлены на создание современных компонентов и приемов, основной целью которых является модернизация противопожарного образовательного процесса.

К числу современных противопожарных образовательных технологий можно отнести:

- технологии проектной деятельности в сфере пожарной безопасности;
- технологии исследовательской деятельности, направленные на повышение защиты объектов от пожаров;
- развивающие технологии в сфере пожарно-технических достижений;
- коррекционные технологии противопожарных образовательных процессов;
- информационно-коммуникационные технологии;
- личностно-ориентированные технологии.

Обучение мерам ПБ граждан, состоящих на социальном обслуживании, организуется органами социальной защиты населения субъекта Российской Федерации и проводится с участием сотрудников социальных служб.

Эффективность противопожарного образовательного процесса во многом определяется выбором технологий взаимодействия с аудиторией и конкретизируется в соответствии потенциальными возможностями и особыми образовательными потребностями обучающихся. Главная цель модератора создать у обучающихся четкое представление о противопожарном процессе, развить тактико-противопожарное мышление и оперативное реагирование на изменение обстоятельств, своевременное принятие решений. Целевым установкам модераторов мешает низкая активность и явное безразличие обучающихся. В данной ситуации могут помочь различные интерактивные формы обучения. Кроме того, модераторам необходимо:

- полноценно овладеть методикой анализа и оценки пожарной опасности изучаемых производственных процессов;
- чаще осуществлять сравнительный анализ пожарной опасности различных нестандартных производственных и бытовых ситуаций;
- широко применять в противопожарном образовательном процессе активные методы преподавания: метод разбора проблем и пожароопасных ситуаций, метод повышения мозговой активности, метод обсуждения и разрешения спорных вопросов, метод

самостоятельной оценки слушателями обсуждаемых и принимаемых решений и другие методы обучения;

– формировать для себя индивидуальные оценки каждого обучающегося: его уровень противопожарных базовых знаний, психологическое восприятие и его совместимость с коллегами и т.д.

На уровне государства в противопожарной пропаганде задействована общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения (ОКСИОН). Это современный подход с использованием сотовой связи, радиально-зоновых систем связи, спутниковых телефонов, пакетной радиосвязи, цифровых систем передач данных.

Кроме того, на региональном уровне используются современные технологии противопожарной пропаганды с помощью уличных светодиодных панелей, плазменных экранов внутри объектов защиты, «бегущей строки» на транспорте, радио и TV сообщений. Таким образом, обеспечивается уличная противопожарная пропаганда, в различных объектах защиты с массовым пребыванием людей, в ж/д транспорте, автобусах, речном и морском транспорте. Радио и TV с постоянной регулярностью доводит до населения аудио- и видеoinформацию, создает информационный контент и анимации противопожарного контента. Особое внимание населения привлекают лазерные шоу как на объектах защиты, так и на месте скопления людей. Наряду с ОКСИОН, светотехническая лазерная противопожарная пропаганда населения повышает эффективность мероприятий.

Индивидуальное информирование и оповещение жителей осуществляется с использованием современных возможностей мобильной связи. Абоненты мобильной связи широко используют возможности SMS, MMS, WAP, а МЧС России как инновационное распространение среди абонентов мобильной связи противопожарной пропаганды, включая начало проведения новых акций, уведомляет о новых мероприятиях и даже рассылает поздравления с праздниками. Служба коротких сообщений SMS представляет собой технологию, которая позволяет принимать и отправлять короткие текстовые сообщения. Можно отправить уведомление абоненту, который в данный момент занят разговором, поскольку сообщение идет не по основному разговорному каналу, а по служебным сигнальным каналам.

Распространение современной мобильной связи на все регионы России, доступность передачи информации посредством SMS-рассылок сделало возможным осуществлять пожарный мониторинг объектов защиты и осуществление противопожарных мероприятий [10]. Нет сомнения, что SMS-рассылка эффективно, быстро и гарантированно сообщает абонентам сотовой связи требуемую информацию. Современные сервисы SMS-рассылок просты в освоении, обладают понятным интерфейсом и дают возможность отправлять предупреждения от МЧС России. Сервисы SMS-рассылок сокращают время на отправку сообщений о противопожарных мероприятиях. Это главный плюс. Кроме того, загружается телефонная база и вводится одно краткое противопожарное сообщение, которое отправляется всем абонентам. Сервисы SMS-рассылок учитывают часовые пояса абонентов и обеспечивают запланированную отправку кратких противопожарных мероприятий, в том числе потенциально заинтересованным абонентам.

SMS-рассылка прекрасно подходит для рассылки сообщений о массовых противопожарных мероприятиях. В соответствии с законом, операторы сотовой связи, не смотря на назойливость SMS-рассылок, не имеют права отключать их. Содержание SMS-рассылок от МЧС России могут ежесуточно меняться. Однако на практике оповещения с помощью SMS-рассылок от МЧС России сводятся к бесконечному повторению фраз типа: «Пожара нам не надо!», «Не разжигать костры в неположенных местах», «Не сжигать траву», «Не допускайте лесных пожаров» и так далее.

SMS-рассылки от МЧС России должны быть в краткой, систематизированной форме рассказывающие о правилах противопожарного режима жилого дома, предприятия (организации, учреждения) в контексте обязательных требований ПБ (с учетом изменений в законодательстве). SMS-рассылки от МЧС будут полезны всем абонентам сотовых операторов.

В рамках исследования полагаем, что не менее эффективно следует использовать социальные сети:

- профессиональные социальные сети, которые создавались для соискателей и работодателей, система рекомендации, репутации и прозрачности карьерного опыта в действии, такие как linkedin.com, moikrug.ru, pro2.ru;
- блог-сети: Livejournal.com, liveinternet.ru, blogspot.com;
- сайты знакомств, а именно: mambo.ru и loveplanet.ru;
- сайты для поиска людей, которые учились в одном классе, школе или высшем учебном заведении это facebook, vkontakte, odnoklassniki [9].

Основными принципами информационного управления противопожарной пропаганды в социальных сетях являются:

- комбинация различных форм ведения противопожарной пропаганды;
- трансляция информационного сообщения о противопожарных действиях при каждом посещении социальной сети;
- разнообразие анимации, цветовой гаммы, персонажей и т.п.;
- эмоционально-ценностное наполнение страниц в социальной сети;
- использование формата простых полезных советов на каждый день по вопросам пожарной безопасности;
- сезонность (изменение содержания в зависимости от пожарной опасности сезона);
- наличие возможности размещения противопожарной рекламы (в том числе и коммерческой).

В настоящее время социальные сети очень часто тщательным образом взаимодействуют с традиционными средствами массовой информации, распределяя при этом готовый контент. Вместе с тем, социальные сети могут исполнять роль информагентства, предоставляя СМИ информацию, на основании которой собирается и анализируется новостной материал. Столь мощное медийное средство имеет свою специфику и может быть использовано для публикации материалов, содержащих противопожарную пропаганду.

Современные компьютерные технологии позволяют широко использовать противопожарную пропаганду в сети Интернет. Учитывая значимость обмена информацией в интернете для молодого поколения, подчеркивается необходимость планомерного развития (совершенствования) способов ведения противопожарной пропаганды при помощи компьютерных технологий.

Сфера противопожарного информирования должна быть динамичной, постоянно совершенствовать формы и методы, использовать инновационные средства.

В МЧС России сформированы различные методологии противопожарного информирования и многообразия используемых средств, способов и приемов. Но эффективность пожарно-профилактических мероприятий еще не отвечает современным требованиям. Большинство мероприятий направлены на разработку систем, реагирующих на пожар и на эвакуации из горящего объекта защиты.

По нашему мнению, главный недостаток – это недооценка роли и значения противопожарного информирования населения в общей системе охраны объектов от пожаров, отсутствие системного подхода к организации пропаганды, недостаточное финансирование этой деятельности. Инновационные идеи в сфере ПБ не находят технического воплощения, а иногда имеет место полное игнорирование системам безопасности – так называемый «человеческий фактор». Противопожарное информирование должно побуждать население не только осторожно, но и грамотно обращаться с огнем, предотвращать возникновение пожаров, а в случае загораний не допускать распространения огня на окружающие строения.

Ожидаемого результата от пропагандистского воздействия можно достичь, если модератору удастся:

- заинтересовать аудиторию;

– изложить противопожарную пропаганду так, чтобы она полностью воспринималась аудиторией [10].

Главной особенностью противопожарного информирования является то, что основным участником становится индивид или группа индивидов. Это является основополагающим в организации данной профилактической работы, которая содержит:

- индивидуально-личностный подход;
- межличностное общение;
- широкое вовлечение народных масс в проводимые мероприятия;
- эмоционально-ценностное наполнение программы флеш-мероприятий;
- востребованность в творческой работе противопожарных аниматоров;
- инсценирование и импровизация;
- игровое наполнение мероприятий противопожарным информированием.

Основные направления, которые должны отражаться в планах противопожарной пропаганды:

- формирование у аудитории познавательного интереса к обеспечению пожарной безопасности, создание яркого, оригинального, эмоционально наполненного содержания;
- использование результатов научных исследований в области информационных технологий, педагогики, психологии, филологии, философии по использованию форм противопожарного информирования;
- воспитание ценностного отношения к обеспечению ПБ;
- использование элемента развлечения для проведения ненавязчивой противопожарной информации;
- воспитательная профилактическая работа со школьниками и студентами;
- популяризация деятельности пожарных формирований.

Для повышения эффективности противопожарного информирования целесообразно проводить регулярное обновление планов данной работы. При обновлении старых и создании новых планов необходимо учитывать:

- доступность изложения противопожарных мер для соответствующей группы;
- наличие эмоционального компонента;
- межличностное общение и взаимодействие как между модератором и аудиторией, так внутри групп;
- возможность модификации и компилирования различных вариаций противопожарного информирования.

Следующим важным аспектом противопожарного информирования, который необходимо рассмотреть, является организация игр. Игра, находящая для себя множество сфер применения, не может не использоваться при осуществлении противопожарной пропаганды. Игра в рамках противопожарной пропаганды может быть использована для того, чтобы научить население:

- погружаясь в игровой мир и игровые отношения, убеждать себя и других людей в необходимости соблюдения противопожарных мер;
- будучи свободными в игровом пространстве, осознавать не только свои особенности, но и уметь выстраивать отношения с окружающими людьми в части выполнения противопожарных мероприятий;
- осмысливать игровой опыт, используя игру как инструмент самопознания в области пожарной безопасности.

Совершенствуя противопожарное информирование за счет улучшения способов повышения уровня эмоциональной заинтересованности населения в изучении основ пожарных знаний, тем самым будет задействован важнейший резерв сокращения количества пожаров и опасных последствий от них. Данная кропотливая, напряженная, постоянная работа является основой ПБ будущих поколений. Коренное изменение подходов к противопожарному информированию в социальных сетях, пересмотр приоритетов в сторону привлечения к этому виду деятельности представителей добровольной пожарной охраны является одной из основных задач на ближайшее время.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность. Ежегодные статистические сборники. М.: ВНИИПО МЧС России.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году / под общ. ред. Д.М. Гордиенко: стат. сборник. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.
3. Овсепян Г.М. Пожарная безопасность как предмет правового регулирования и объект научного познания. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. юрид. ин-та МВД России, 2014. № 4. С. 112–115.
4. Работкина О.Е., Зайцев А.Н. Патриотическое воспитание молодежи одна из задач формирования личности гражданина и патриота России // Пожарная безопасность: Проблемы и перспективы: сб. статей по матер. VI Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2015. Ч. 2. С. 186–190.
5. Пожарные риски / Н.Н. Брушлинский [и др.]: учеб. пособие. М., 2016. С. 9.
6. Макаркин С.В., Иванов В.С. Государственный пожарный надзор в период изменения социально-политической и экономической системы России // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 6. М.: ООО Изд-во «Пожнаука», 2011. С. 2–7.
7. Жуков В.В. Новый смысл пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 12. С. 4–10.
8. Смирнова Т.Н., Матюшин А.В. Правовые аспекты противопожарной пропаганды и обучения населения мерам пожарной безопасности // Пожарная безопасность. 2011. № 3. С. 107–111.
9. Рулиене Л.Н. Образовательные возможности социальных сетей // Дистанционное и виртуальное обучение. 2010. № 5. С. 43–46.
10. Лазарев А.А., Коноваленко Е.П. Использование самопродуцируемого убеждения для ведения противопожарной пропаганды // Психологические проблемы образования и воспитания в современной России: сб. материалов IV конф. психол. образования Сибири. Иркутск: ИГУ, 2016. С. 375–377.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ СРЕДСТВАМИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОПАГАНДЫ И ОБУЧЕНИЯ

**А.В. Фомин, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
В.Б. Магомедов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приведен анализ правовых и организационно-технических аспектов системы обеспечения пожарной безопасности объектов культурного наследия. Рассмотрены меры пропагандистского и обучающего воздействия как эффективного средства формирования у сотрудников и посетителей объектов культурного наследия пожаробезопасного поведения, внедрение в сознание людей существования проблемы пожаров, готовности правильно действовать в случае опасности. Предложен концептуальный подход к обеспечению пожарной безопасности объектов культурного наследия через призму историографии культурного пространства для повышения уровня защищенности населения, материальных и культурных ценностей. Показано, что обращение к системе знаний в сфере пожарной безопасности объектов культурного наследия является важнейшим в сохранении архитектурных комплексов – объектов культурного наследия, оно формирует целостное, объемное и многогранное понимание проблем и перспектив развития данной отрасли знаний.

Ключевые слова: система пожарной безопасности, объекты культурного наследия, противопожарная пропаганда, обучение, статистика пожаров

Исследования трехвекового периода охраны культурного наследия России позволили осмыслить процессы институциональной динамики организации пожарной охраны в России: формирование охранного законодательства, создание государственной охранительной системы, выработки основных методических принципов охраны объектов культурного наследия (ОКН). Ключевым концептом в историографии данной темы является понятие «сохранение объектов культурного наследия» [1].

Уровень опасности трагической гибели людей и утраты имущества при пожаре во многом зависит от исторических периодов, географической (региональной) и национальной особенностей уклада общества, экономических и образовательных уровней населения, техники и технологий производств.

Мировая статистика констатирует более трех миллионов пожаров, в которых гибнет больше 20 тыс. человек ежегодно. Около 50 % пожаров происходит в зданиях и на транспорте, на них же приходится 90 % всех жертв. По мировым показателям Россия занимает «ведущие» места, а гибель людей на пожарах по абсолютному значению на один миллион человек и одну тысячу пожаров уже давно обогнала многие развитые страны мира. Количественные данные по числу человеческих жертв в результате пожаров сопоставимы с общими потерями от преступности всех иных видов, а материальный ущерб от пожаров в тысячи раз превосходит причиненный всеми иными преступлениями имущественный вред [2].

В современной России обеспечение необходимых требований пожарной безопасности (ПБ) является предметом заботы всех органов власти территориальных образований и органов местного самоуправления Российской Федерации [3].

История с пожаром в Соборе Парижской Богоматери потрясла весь мир, ведь в результате пожара пострадал архитектурный шедевр, возведенный в 1163 г. Ситуация вновь всколыхнула вопрос: как в России обстоят дела с организацией ПБ объектов культурного наследия?

ОКН (памятники истории и культуры) представляют собой уникальную ценность для всего многонационального народа Российской Федерации и являются неотъемлемой частью всемирного культурного наследия [4]. Ключевым концептом данной темы является понимание того, что специфика культурного наследия невозможна без осмысления самого феномена культуры и культурной памяти.

ОКН в массовом порядке посещают туристы, следовательно, в приоритете находится безопасность людей в случае пожара, и именно эти вопросы следует подробно рассматривать с точки зрения обеспечения ПБ в процессе эксплуатации [5]. Особенно следует иметь в виду объекты культуры (картинные галереи, музеи, культовые здания, жилые и нежилые старинные здания, охраняемые государством), отличающиеся различной степенью огнестойкости, классом конструктивной пожарной опасности, классом функциональной пожарной опасности, различными объемно-планировочными решениями, а также материалами и конструкциями. Поэтому сохранность ОКН (памятников истории и культуры) народов России от различных видов опасностей осуществляется в интересах настоящего и будущего поколений многонационального народа Российской Федерации.

Государственная охрана объектов культурного наследия является одной из приоритетных задач органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления. Обеспечение ПБ объектов культурного наследия также относится к одной из важнейших функций государства.

В целях защиты жизни и здоровья граждан, сохранности объектов культурного наследия от пожаров должны осуществляться мероприятия технического регулирования, устанавливающие общие требования ПБ к зданиям и сооружениям объектов культурного наследия [6].

На каждом ОКН создается система обеспечения ПБ, целью которой является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. Система пожарной безопасности объекта культурного наследия должна обеспечиваться

системами предотвращения пожара, противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Система предотвращения пожара представляет собой комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих возможность возникновения пожара на ОКН.

Система противопожарной защиты – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект культурного наследия.

На рисунке приведена структурная схема системы обеспечения пожарной безопасности ОКН.

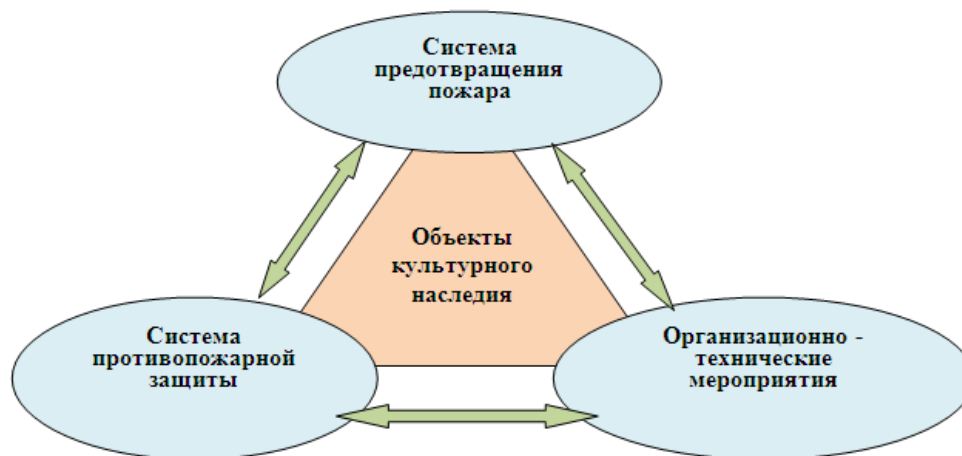


Рис. Система обеспечения пожарной безопасности объекта культурного наследия

Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности ОКН включают [7]:

- организацию пожарной охраны, организацию ведомственных служб ПБ;
- привлечение общественности к вопросам обеспечения ПБ;
- организацию обучения работающих мерам ПБ на производстве, а населения – в порядке, установленном нормативными документами по ПБ соответствующих объектов пребывания людей;
- разработку и реализацию норм и правил ПБ, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима в действиях людей при возникновении пожара;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению ПБ;
- нормирование численности людей на ОКН по условиям безопасности их при пожаре;
- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей;
- основные виды, количество, размещение и обслуживание пожарной техники.

Система обеспечения ПБ объекта культурного наследия в обязательном порядке должна содержать комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения значений допустимого пожарного риска и направленных на предотвращение опасности причинения вреда третьим лицам в результате пожара [6].

Сложный многоуровневый характер системы по обеспечению ПБ объектов культурного наследия содержит законодательно установленные организационные мероприятия и технические средства [8]:

- обеспечивающие глубоко гуманные цели (минимизацию пожарной опасности, угроз от огня, сохранение ОКН и исторических ценностей);

– выполняющие жизненно важные для общества, его стабильного воспроизводства функции.

Следует акцентировать внимание на формирование у работников и посетителей ОКН:

- культуры ПБ;
- специфических ценностных установок в их сознании;
- противопожарной самоорганизации;
- социального противопожарного поведения.

Пожарная безопасность ОКН зависит от уровня противопожарной самоорганизации и социального поведения посетителей.

Системы обеспечения ПБ объектов культурного наследия состоят из необходимых средств, направленных на пожарную безопасность [9].

Противопожарная пропаганда является средством информирования общества о путях обеспечения ПБ, осуществляемая через средства массовой информации, посредством издания и распространения специальной литературы и рекламной продукции, проведения тематических выставок, смотров, конференций и использования других, незапрещенных законодательством Российской Федерации форм информирования населения. Противопожарную пропаганду проводят органы государственной власти, федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на решение задач в области ПБ (МЧС России), органы местного самоуправления и организации [3].

Обучение мерам пожарной безопасности представляет собой организованный процесс по формированию знаний, умений, навыков граждан в области обеспечения пожарной безопасности в системе общего, профессионального и дополнительного образования, в процессе трудовой и служебной деятельности, а также в повседневной жизни [10].

Обучение мерам ПБ лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность на ОКН, проводится по программам противопожарного инструктажа и (или) пожарно-технического минимума.

Порядок, виды, сроки обучения лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность на ОКН, мерам ПБ, а также требования к содержанию программ дополнительного профессионального образования (программ пожарно-технического минимума), порядок их утверждения и согласования определяются МЧС России [11].

В зависимости от вида реализуемой программы обучения мерам ПБ лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность на ОКН, проводится непосредственно по месту работы и (или) в организациях, осуществляющих образовательную деятельность. Руководители ОКН обязаны проводить противопожарную пропаганду, обучать своих работников мерам ПБ.

Важной отличительной особенностью стало повышение регионального уровня процессов подготовки и проведения мероприятий по ПБ и ведению борьбы с пожарами. Однако в регионах имеет место претензии органов государственного пожарного надзора МЧС России к ОКН. Вопрос сохранения ОКН становится не просто «актуальным, но и крайне необходимым» [4].

Чаще всего именно человек виноват в возникновении пожара, то есть у виновников пожаров понижена социальная ответственность перед обществом, перед историей. В число интересов россиян изначально должен входить «исторический патриотизм к культурному наследию», чем больше людей охвачено этим чувством, тем ярче проявляются социальные роли по отношению к жизнедеятельности объектов культурного наследия. При этом чувство достаточно проявлять на эмоциональном уровне и ассоциировать себя с полноправным членом культурно-исторического регионального сообщества [2].

Таким образом, «исторический патриотизм к культурному наследию» у россиян заключается в диалектическом единстве интересов личности и культурного социума.

Учитывая вышеизложенное, предлагается исследовать гипотезу по пропаганде системы пожарной безопасности сквозь призму социальных и личностных аспектов ПБ объектов культурного наследия.

ПБ объектов культурного наследия рассматривается, прежде всего, как «форма существования и сохранения ОКН в сознании жителей и гостей», «пожарная безопасность ОКН, отображенная сознанием», «бытие объектов культурного наследия в сознании ее сотрудников и жителей». Именно социологический взгляд на систему ПБ позволяет исследовать функционирование и сохранность ОКН через призму социальных групп и прикладных аспектов общественной жизнедеятельности.

Такая постановка исследования позволяет от узкотехнического детерминизма сосредоточиться на психологическом детерминизме. Психологический детерминизм основывается на среде обитания человека, в том числе историко-культурной обстановке объектов культурного наследия, под влиянием которой и происходит развитие и становление личности посетителей.

Именно в данной среде создается форма существования и сохранения ОКН в сознании жителей и гостей.

Данный подход имеет отличительную особенность в том, что люди могут тратить свои духовные силы не только на адаптацию к окружающей среде, но и на противостояние. Эти детерминанты порождают и формируют уровень историко-культурного бытия, уровень развития посетителей [12].

Понимание значения культурного наследия и того, что гибель его объектов является безвозвратной потерей для цивилизации, способствовало в последние десятилетия активизации деятельности ООН и ЮНЕСКО в области разработки международных нормативно-правовых актов, направленных на охрану Всемирного культурного и природного наследия [13].

У посетителей формируется «пожарная безопасность объектов культурного наследия, отображенная сознанием» и «бытие объектов культурного наследия в их сознании». Изучение отдельного индивидуума в среде объектов культурного наследия позволило выявить этапы развития социума и личности, разработать концепции, объясняющие логические взаимосвязи между ПБ и причинами, вызвавшими пожары.

Предлагаемый нетрадиционный способ исследовать привычные, устоявшиеся проблемы ПБ через функции социальной жизнеобеспечивающей системы, открывает новые реалии и заставляет иначе, с новых позиций рассмотреть систему пожарной безопасности объектов культурного наследия, расширить границы в ее анализе [13].

Исследование ПБ объектов культурного наследия в качестве функции социальной историко-культурной системы позволяет глубже понять ее роль и перспективы сохранения для потомков. У посетителей ОКН с помощью социальных мероприятий формируется необходимая свободная ориентация в правилах и механизмах функционирования системы ПБ.

Результатами реализации предложенного концептуального подхода к сохранению ОКН от пожаров через призму историографии культурного пространства должны стать повышение уровня защищенности населения, материальных и культурных ценностей.

Значение ОКН человечества для нынешних и последующих поколений трудно переоценить. Можно выделить основные причины, по которым культурное наследие требует международно-правовой охраны. Прежде всего, объекты могут дать уникальную научную информацию (историческую, археологическую, этнографическую, техническую и др.); кроме того, объекты открывают перспективные возможности для образовательных, социальных, экономических и туристических программ.

В последнее время культурному наследию угрожает все большее уничтожение, вызываемое различными причинами. Эволюция социальной, политической, экономической и религиозной жизни человечества негативным образом сказывается на сохранности его объектов. Для сохранения объектов и его передачи будущим поколениям требуется комплекс эффективных правовых мер, в том числе международного характера [14]. В Российской Федерации с её многовековой историей сохранились многочисленные ОКН. Переход от понятия «памятники истории» к понятию «объекты культурного наследия» обусловлено позитивными изменениями подходов к историко-культурному наследию в России в XXI в.

Не менее значимым в рамках проведенного исследования является обобщение множества способов сохранения ОКН. Несмотря на схожие методы, в разных странах по-разному решают данную проблему. «Главной тенденцией при сохранении объектов культурного наследия является привлечение денежных средств частных или юридических лиц, так как привычное всем создание музейных комплексов чаще всего не окупает затраты на реставрацию и реконструкцию. Если раньше охрана культурного и исторического наследия сводилась к охране отдельных выдающихся материальных памятников, то новые подходы к определению понятия культурного и исторического наследия и его охране предполагают:

- переход от охраны отдельных объектов к охране городских ландшафтов, включающих как выдающиеся памятники наследия, так и объекты рядовой застройки, а также природные ландшафты, исторически сложившиеся пути;
- переход от охраны только выдающихся памятников к охране исторической застройки, отражающей образ жизни рядовых горожан;
- переход от охраны только памятников старины к охране памятников XX в.;
- активное участие общества, и прежде всего местных жителей, в сохранении культурного наследия и его интеграции в социальную и экономическую жизнь города («витализации»);
- интеграцию наследия в повседневную жизнь города и превращение её в неотъемлемый и обязательный элемент».

Литература

1. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации (в ред. от 18 июля 2019 г.): Федер. закон Рос. Федерации от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году / под общ. ред. Д.М. Гордиенко.: стат. сб. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.
3. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 1 янв. 2018 г. № 2. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (ред. от 27 дек. 2018 г.): Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования, утв. постановлением Госстандарта СССР от 14 июня 1991 г. № 875 (в ред. от 1 окт. 1993 г.).
8. Жуков В.В. Новый смысл пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. 2011. № 12. Т. 20. С. 4–10.
9. CFPA-E-30-2013 Managing Fire Protection in Historic Buildings. Пожарная безопасность исторических зданий. URL: <http://cfpa-e.eu/cfpa-e-guidelines/guidelines-fire-protection-form/> (дата обращения: 08.02.2020).
10. 2015 NFPA 914 Code for Fire Protection of Historic Structures. Свод правил пожарной безопасности в исторических зданиях. URL: <http://proaktive.ru/pozharnaya-istoricheskikh-zdanij-i> (дата обращения: 08.02.2020).
11. 2013 NFPA 909: Code for the Protection of Cultural Resource Properties -Museums, Libraries, and Places of Worship. Свод правил защиты объектов культурного наследия. Музеи, библиотеки, культовые здания. URL: <http://proaktive.ru/pozharnaya-istoricheskikh-zdanij-i> (дата обращения: 08.02.2020).

12. Овсебян Г.М. Пожарная безопасность как предмет правового регулирования и объект научного познания // Юристь-Правоведъ. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. юрид. ин-та МВД России, 2014. № 4. С. 112–115.

13. Официальный сайт ЮНЕСКО. URL: <http://en.unesco.org/> (дата обращения: 08.02.2020).

14. Требуемый уровень пожарной безопасности музеев – объектов культурного наследия / В.И. Присадков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. № 27 (4). С. 42–49.



ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАНСПОРТЕ И ОБЪЕКТАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Е.В. Полевщикова.

Главное управление МЧС России по Республике Марий Эл

Представлена расчетная схема, позволяющая оценить влияние различных температурных режимов при пожаре на огнестойкость строительных конструкций и произвести расчеты параметров температурного поля в них при различных параметрах огнезащитного покрытия, а также графический метод оценки огнестойкости ограждающих конструкций по признаку прогрева необогреваемой поверхности до нормативной температуры.

Ключевые слова: огнестойкость, огнезащита, нестационарная теплопроводность, температурный режим, коэффициент теплоотдачи

Для строительных конструкций, а также зданий или сооружений важным фактором является огнестойкость, то есть способность строительных конструкций сохранять свои рабочие функции под действием высоких температур пожара. Огнестойкость строительных конструкций характеризуется пределом огнестойкости. Под пределом огнестойкости (по признаку прогрева конструкции) понимают время, по истечении которого конструкция теряет несущую или ограждающую способность. Потеря ограждающей способности означает прогрев конструкции при пожаре до температур на необогреваемой поверхности более чем на 140 °С в среднем или на 180 °С в любой точке по сравнению с температурой до начала пожара или образование в конструкции трещин.

Условие пожарной безопасности применительно к строительным конструкциям будет выполняться, если:

$$P_{\text{тр}} \leq P_{\text{ф}}$$

Здесь $P_{\text{тр}}$ – требуемый предел огнестойкости, который устанавливается нормами для основных частей зданий и сооружений; $P_{\text{ф}}$ – фактический предел огнестойкости конструкций, определяемый расчетным путем.

По признаку прогрева конструкции предел огнестойкости находят путем теплотехнического расчета. При этом определяют изменение температуры по сечению конструкции в процессе ее нагревания по стандартному температурному режиму. В этом случае изменение температуры строительной конструкции:

$$t_f = 345Lg(8\tau + 1) + t_0$$

Теплотехнический расчет конструкций проводится на основе уравнения теплопроводности Фурье, которое характеризует изменение температуры в твердом теле во времени и пространстве.

Для одномерных тел и при отсутствии внутренних источников теплоты, дифференциальное уравнение теплопроводности может быть представлено в общей форме:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\Phi}{x} \frac{\partial t}{\partial x} \right), \quad (1)$$

где x – координата тела, которой может быть и радиус цилиндра или шара; Φ – постоянное число, равное:

– для пластины $\Phi = 0$ ($x = x$), следовательно (1) принимает вид:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2};$$

– для цилиндра $\Phi = 1$ ($x = r$) и тогда:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right).$$

В этом уравнении a – коэффициент температуропроводности.

Это уравнение дает возможность решать задачи, связанные с распространением тепла в теле теплопроводностью как при установившемся (*стационарном*), так и при неустановившемся (*нестационарном*) тепловом потоке. При решении конкретных задач дифференциальное уравнение дополняется начальными и граничными условиями, характеризующими каждую конкретную задачу.

Дифференциальное уравнение теплопроводности (1) совместно с краевыми условиями (начальными и граничными условиями) дает полное математическое описание конкретной задачи теплопроводности. Решение этой задачи может быть выполнено как аналитически, так и численными методами.

Аналитическое решение подобных задач возможно только для тел простой формы (плоская стенка, цилиндр) при условии неизменности во времени граничных условий и теплофизических свойств материала, из которого выполнен объект исследования. Более того, аналитическое решение даже таких задач очень затруднительно из-за громоздкости математических операций и имеет следующий вид:

– для плоской стенки:

$$t = bx + c + \sum_{n=1}^{\infty} A_n (\cos m_n x + p_n \sin m_n x) e^{-am_n^2 \tau};$$

– для цилиндрической стенки:

$$t = b \ln r + c + \sum_{n=0}^{\infty} A_n [J_0(m_n r) + p_n Y_0(m_n r)] e^{-am_n^2 \tau},$$

где J_0 и Y_0 – функции Бесселя первого и второго порядка.

Постоянные b и c определяются из условий стационарного режима (при $\tau = \infty$); p_n и m_n – из граничных условий, а A_n – из начальных условий (при $\tau = 0$).

Таким образом, такой вариант решения задач при расчете фактических пределов огнестойкости оказывается сложным и непригодным для практического применения. В связи с этим исследователи пришли к выводу о возможности раздельного рассмотрения типовых задач и нахождения для каждого из них способа решения. В результате чего расчетные формулы и сам расчет сильно упрощается.

Так, в Методических рекомендациях по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций МДС 21-2.2000 для расчета фактических пределов огнестойкости железобетонных строительных конструкций получены упрощенные решения применительно к стандартному температурному режиму пожара [1]:

– при одностороннем обогреве:

$$t(x, \tau) = 20 + 1200 \cdot (1 - r_i)^2,$$

– в конструкциях круглого сечения, обогреваемых по всему периметру:

$$t(x, \tau) = 20 + 1200 \cdot \frac{\sqrt{\frac{b}{b-x_i}}}{(1-r_i)^2}.$$

Здесь $r_i = x^*/l$ – относительное расстояние, где l – толщина прогрева слоя бетона, вычисляемая по формуле:

$$l = \sqrt{12 \cdot a_{i\partial} \cdot \tau};$$

x^* – условная толщина рассматриваемого слоя бетона, которая определяется следующим образом:

– при определении температуры прогрева бетона:

$$x^* = x_i + \phi_1 \sqrt{a_{i\partial}};$$

– при определении температуры прогрева арматуры:

$$x^* = Y_1 + \phi_1 \sqrt{a_{i\partial}} + \phi_2 \cdot d;$$

В этих формулах: x_i – расстояние от рассматриваемой точки сечения бетона до i -той обогреваемой поверхности, м; Y_i – расстояние от i -той обогреваемой поверхности до оси арматуры, м; ϕ_1 и ϕ_2 – коэффициенты, зависящие от плотности бетона [2]; d – диаметр арматуры, м.

В этих формулах приведенный коэффициент температуропроводности a , м²/час определяется следующим образом:

$$a_{i\partial} = \frac{\lambda}{(c + 50 \cdot w) \cdot \rho}.$$

Здесь λ и c – коэффициенты теплопроводности и удельной теплоемкости бетона, зависящие от температуры, вычисляются для температуры 450 °С, ρ и w – соответственно, плотность и весовая влажность бетона, кг/кг.

Как известно, температурный режим пожара оказывает прямое влияние на огнестойкость строительных конструкций, поэтому расчеты, основанные на температурном режиме пожара, приближенном к реальному, считаются более предпочтительными, так как изменение температуры пожара в действительности, как видно из рис. 1, может существенно отличаться от режима, описываемого стандартной температурной кривой [3].

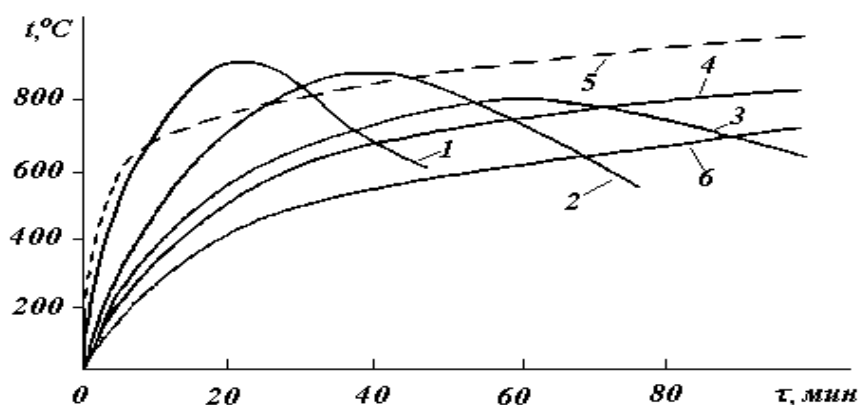


Рис. 1. Изменение температуры внутреннего пожара (1–5 – температурные режимы пожаров в помещениях зданий и сооружений различного назначения; 6 – стандартная кривая)

Более того, для увеличения предела пожаробезопасности строительных конструкций часто предполагается использование различных средств огнезащиты – бетонирование, оштукатуривание, обкладка кирпичом, облицовка объекта огнезащиты штатными материалами, нанесение непосредственно на поверхность объекта огнезащитных покрытий (окраска, обмазка, напыление и др.) и т.д.

Таким образом, при постановке задачи для оценки огнестойкости строительных конструкций необходимо обеспечить задание теплофизических свойств материалов, из которых выполнено ограждение зависящее от температуры, а также описание температуры греющей среды функциональной зависимостью от времени и т.д.

Наиболее просто данная задача решается методом конечных разностей. Суть данного метода заключается в замене дифференциального уравнения конечно-разностным – дифференциалы заменяются конечными приращениями. Толщина плиты перекрытия разделяется на n слоев одинаковой толщины Δx . Таким же образом определяется расчетный временной интервал $\Delta \tau$.

Таким образом, область непрерывного изменения температуры заменяется областью дискретного её изменения. Нахождение температуры в любой момент времени в любом слое производится на основании уже известных значений температур в предыдущий расчетный момент времени, то есть последовательно решается уравнение с одним неизвестным – искомым значением температуры.

Методика расчета послойного распределения температуры приведена ниже.

Распределение температур по толщине ограждения для очередного временного шага τ_j можно рассчитать, используя следующие формулы:

$$t_{i,j} = Fo_i \cdot \left[t_{i-1,j} + t_{i+1,j} + t_{i,j} \cdot \left(\frac{1}{Fo_i} - 2 \right) \right]. \quad (2)$$

Для того, чтобы находить значения температур на наружной и на внутренней поверхностях стенки в j -ый момент времени, необходимо использовать граничные условия.

При граничных условиях третьего рода:

$$\frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{\alpha_1}{\lambda} (t_{f1} - t_0), \quad (3)$$

и
$$\frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = \frac{\alpha_2}{\lambda} (t_{f2} - t_\delta), \quad (4)$$

температуры внутренней t_0 и наружной поверхностей стены t_δ определяются из соответствующих уравнений тепловых балансов для граничных слоев стенки:

$$c(t) \cdot \rho \cdot s \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha_1 \cdot (t_{f1} - t_0) + \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x}, \quad (5)$$

$$c(t) \cdot \rho \cdot s \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha_2 \cdot (t_{f2} - t_\delta) + \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x}, \quad (6)$$

где $c(t)$ и ρ – удельная теплоемкость и плотность материала стенки; s – толщина граничных слоев принимается равной:

$$s = \frac{\Delta x}{2}.$$

В условиях пожара, когда греющей средой являются продукты сгорания, то коэффициент теплоотдачи α_1 приближенно вычисляются по уравнению:

$$\alpha_1 = 11,63e^{0.0023t_{f1}}.$$

Коэффициентом теплоотдачи со стороны охлаждения окружающей средой необогреваемой поверхности α_2 определяется следующим образом:

$$\alpha_2 = \alpha_k + \alpha_{\varepsilon},$$

где α_k – коэффициент теплоотдачи, учитывающий распространение тепла конвективным теплообменом, а α_{ε} – распространение за счет излучения (лучистого теплообмена). Если ограждающая поверхность при температуре $t_{\delta} > 60$ °С охлаждается воздухом $t_{f2} \approx 20$ °С, то приближенно коэффициент теплоотдачи вычисляется по формуле:

$$\alpha_2 = 11,63e^{0.0023t_{f2}},$$

если же $t_{\delta} < 60$ °С, то вычисляют по формуле:

$$\alpha_2 = 4.07 \cdot \sqrt[3]{t_{\delta} - t_{f2}}.$$

На основе этих уравнений (5) и (6) составляются балансовые конечно-разностные уравнения:

$$\frac{t_{0,j} - t_{0,j-1}}{\Delta\tau} = \frac{2\alpha_1}{c(\bar{t}) \cdot \rho \cdot \Delta x} (t_{f1} - t_{0,j}) + \frac{2a(\bar{t})}{\Delta x^2} (t_{2,j} - t_{0,j}), \quad (7)$$

$$\frac{t_{n,j} - t_{n,j-1}}{\Delta\tau} = \frac{2\alpha_2}{c(\bar{t})\rho\Delta x} (t_{f2} - t_{n,j}) + \frac{2a(\bar{t})}{\Delta x^2} (t_{n-1,j} - t_{n,j}), \quad (8)$$

Решение уравнений (2)–(8) дает возможность определить искомые температуры на границах стенки:

Температура на обогреваемой поверхности :

$$t_{0,j} = \frac{t_{1,j-1} + Bi_i \cdot t_{f1} + t_{0,j-1} \cdot \frac{1}{2 \cdot Fo_i}}{1 + Bi_i + \frac{1}{2 \cdot Fo_i}}.$$

Здесь

$$Fo_i = \frac{a(\bar{t}) \cdot \Delta\tau}{\Delta x^2},$$

$$Bi_i = \frac{\alpha_1 \cdot \Delta x}{\lambda(\bar{t})},$$

где $\Delta\tau$ – расчетный интервал, с; Δx – толщина расчетного слоя, м.

Все указанные выше теплофизические свойства материала строительной конструкции вычисляются по средней температуре:

$$\bar{t} = \frac{t_{i,j} + t_{i+1,j}}{2}.$$

Температура на необогреваемой поверхности определяется уравнением:

$$t_{n,j} = t_{n-1,j} - \frac{\Delta x}{\lambda(\bar{t})} \cdot \alpha_2 \cdot \left(\frac{t_{n-1,j} - t_{f2}}{2} \right),$$

При расчете температурного поля стенки, состоящей из нескольких слоев разнородных материалов, каждый из слоев разбивается на элементарные слои одинаковой толщины Δx . Для каждого разнородного материала стенки определяется соответствующее

значение интервала времени из условия:

$$\frac{1}{\frac{a}{\Delta x^2} + \frac{\alpha_i}{c\rho\Delta x}} \leq 0.5.$$

Для расчета принимается одно значение $\Delta\tau$, равное или меньшее наименьшего из полученных значений. Температура на границе раздела двух разнородных слоев может быть найдена по формуле, которая получена в результате решения уравнения теплового баланса для слоя m :

$$t_{m,j} = t_{m,j-1} + \frac{2 \cdot \Delta\tau}{\Delta x^2 \cdot [c_1(\bar{t}) \cdot \rho_1 + c_2(\bar{t}) \cdot \rho_2]} \cdot [\lambda_1(\bar{t}_m) \cdot t_{m-1,j-1} + \lambda_2(\bar{t}_{m+1}) \cdot t_{m+1,j-1} - 2 \cdot \lambda_1(\bar{t}_m) \cdot t_{m,j-1}]$$

Здесь теплофизические свойства каждого слоя $[c_1(\bar{t}_m), c_2(\bar{t}_m), \lambda_1(\bar{t}_m), \lambda_2(\bar{t}_{m+1})]$ определяются в зависимости от средней температуры соответствующего слоя, а индексы «1» и «2» указывают на их принадлежность к соответствующим разнородным материалам.

В уравнениях критерий Фурье для соответствующего слоя в j – момент времени определяется уравнением:

$$Fo_i = \frac{4 \cdot \Delta\tau_j \cdot \lambda_i(t)}{c_i(t) \cdot \rho \cdot \Delta x^2}.$$

В уравнениях значения коэффициента теплопроводности $\lambda(t)$ и удельной теплоемкости $c(t)$ зависят от средней температуры прогрева соответствующего слоя.

Использование данной разностной схемы позволило провести расчеты параметров температурного поля в сечении ограждающих конструкций, выполненных из разных строительных материалов при пожаре в помещениях с различной горючей нагрузкой, а также аналогичные расчеты температурного поля в сечении ограждений, имеющих огнезащитное покрытие.

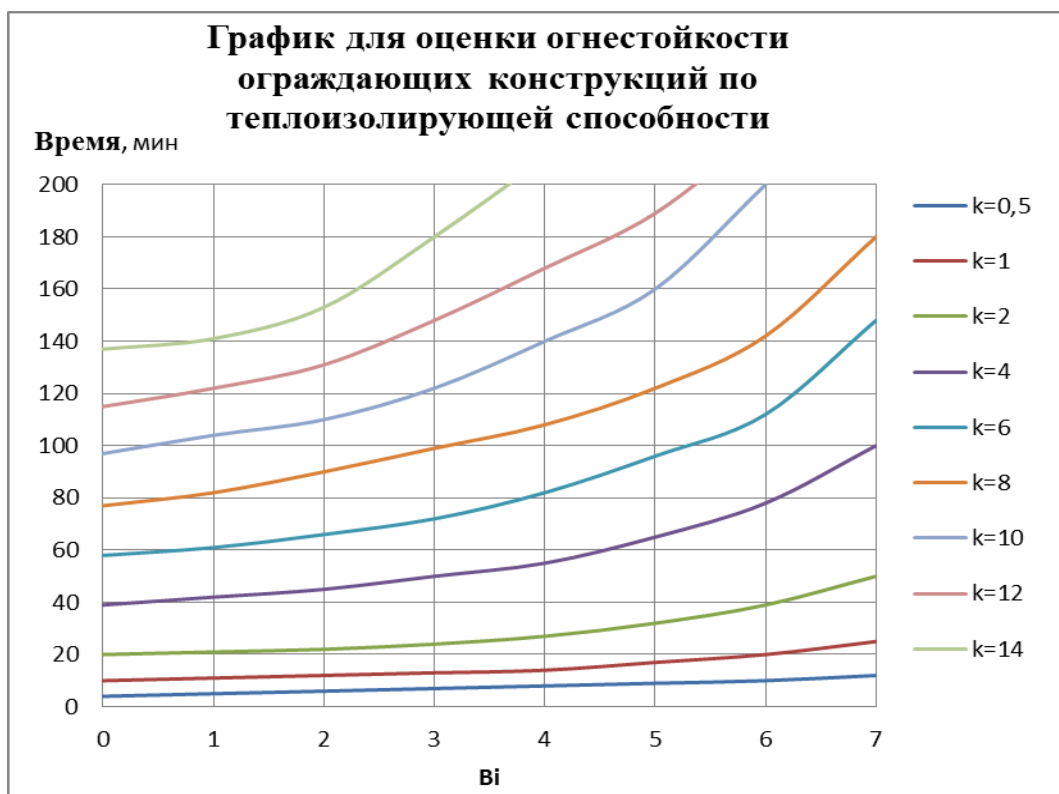


Рис. 2. График изменения параметра $k = \delta/a$ от Bi

Результаты расчетов представлены в виде графиков изменения параметра $k = \delta^2 / a_{np}$ (a_{np} – приведенный коэффициент температуропроводности ограждающей поверхности $a_{np} \approx a$) от времени и критерия Био (Bi), представляющего собой отношение термического сопротивления стенки ($R_{ст} = \delta / \lambda + \delta_z / \lambda_z$, где δ_z и λ_z – толщина и коэффициент теплопроводности огнезащитного слоя, соответственно) к термическому сопротивлению передачи тепла от необогреваемой поверхности к окружающей среде ($R_{\alpha} = 1 / \alpha_2$).

Из рис. 2 видно, что основное влияние на прогрев необогреваемой поверхности ограждающих конструкций до нормативной температуры (на 140 °С выше начальной температуры) оказывают толщина конструкции δ и его теплофизические характеристики a_{np} .

График позволяет определить как предел огнестойкости ограждающих конструкций при известных толщинах и свойствах материала, так и решать обратную задачу – подбирать толщины и виды материала ограждений, а в случае необходимости, тип огнезащиты с соответствующими характеристиками.

Таким образом, предлагаемая расчетная схема позволяет:

- оценить влияние различных температурных режимов при пожаре на огнестойкость строительных конструкций;
- произвести расчеты параметров температурного поля в строительных конструкциях при различных параметрах огнезащитного покрытия;
- определить оптимальные параметры огнезащитного покрытия для обеспечения требуемого предела огнестойкости строительной конструкции.

Литература

1. МДС 21-2.2000. Методических рекомендациях по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. 2-е изд. М., 2000.
2. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. М.: Ассоциация «Пож. безоп. и наука», 2001. 382 с.
3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».



БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЗАЩИТНОЙ СТЕНКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Д.А. Минкин, кандидат технических наук, доцент;

М.А. Яндиев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены процессы теплообмена излучением между факелом пламени горящих нефтепродуктов, находящихся в цилиндрическом резервуаре, и защитной стенкой. Представлена тепловая и математическая модели, позволяющие оценить интенсивность теплового воздействия на верхнюю часть конструкции в зависимости от размеров ёмкости, удаленности защитной стенки от резервуара, высоты факела пламени и его конфигурации. Рассмотрена методика расчета коэффициента взаимной облученности участков поверхности, участвующих в теплообмене, и выполнен расчет для ряда цилиндрических ёмкостей. Проведено сравнение результатов расчета с численным решением, выполненным с помощью Comsol Muliphysics.

Ключевые слова: лучистый теплообмен, углеводородный пожар, тепловой режим, цилиндрический резервуар

Обеспечение пожарной безопасности на объектах нефтегазового комплекса Российской Федерации является задачей, актуальность которой трудно переоценить. В настоящее время наша страна является третьим государством в мире по объему добычи нефти. При этом нефть и нефтепродукты составляют более 40 % экспорта России в денежном эквиваленте. Предприятия по добыче и переработке нефти отличаются наличием большого количества легковоспламеняющихся горючих материалов, что создаёт угрозу возникновения крупных техногенных аварий, пожаров и взрывов. За последние десять лет официально зарегистрировано девять пожаров на нефтяных резервуарах [1]. Следует отметить, что еще двадцать лет назад средняя частота пожаров с серьезными последствиями, по отраслям нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности составляла двенадцать пожаров в год [2]. Столь значительное сокращение количества пожаров можно объяснить целым рядом действий по обновлению системы нормирования (в том числе СП 155), правил противопожарного режима, совершенствованию системы обучения персонала объектов требованиям пожарной безопасности [1]. Тем не менее, каждый из таких пожаров наносит серьезный материальный ущерб, приводит к гибели и травматизму людей, уничтожению пожарной техники и оборудования, негативно сказывается на экологической ситуации региона размещения. Таким образом, задача повышения пожарной безопасности резервуарных парков не утрачивает своей значимости.

Одним из современных решений по повышению пожарной безопасности вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов является установка защитной стенки цилиндрической формы вокруг каждого резервуара. Развитие пожара на таких сооружениях обладает рядом особенностей [3], приводящих к существенно неравномерному распределению плотности теплового потока от факела пламени горящего резервуара по высоте защитной стенки. Для обеспечения необходимого уровня огнестойкости необходимо проводить расчет теплового режима защитной стенки в условиях пожара. При этом достоверность проводимых расчетов во многом зависит от точности задания граничных условий рассматриваемого физического процесса.

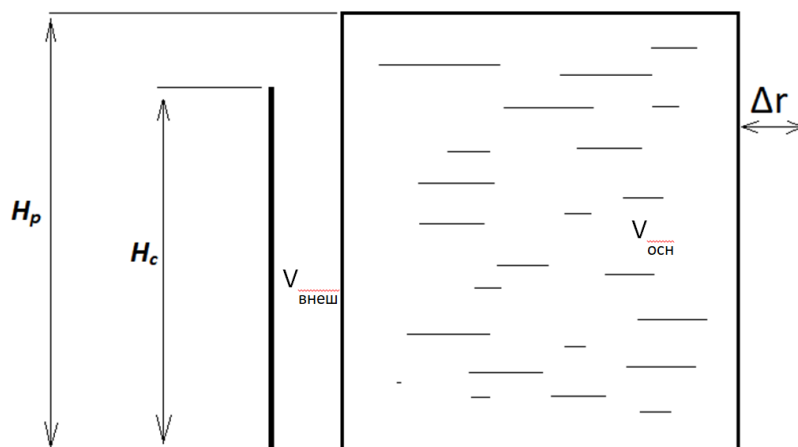
Целью настоящей работы является разработка методики проведения расчета условий теплообмена при пожаре в резервуарах с защитным ограждением.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать тепловую и математическую модели процессов теплообмена при пожаре на резервуаре, провести расчёт коэффициентов взаимной облучённости между факелом пламени и ограждением, сравнить результаты с расчётами по существующей методике и численным решением для ряда типовых резервуаров различного объёма.

Определение условий теплообмена

Разработка тепловой и математической моделей позволяют оценить интенсивность теплового воздействия на верхнюю часть поверхности защитной стенки в зависимости от размеров ёмкости, удаленности защитной стенки от резервуара, высоты факела пламени и его конфигурации.

Основу конструкции резервуара с защитной стенкой представляет сам цилиндрический резервуар и отстоящая от него на некотором удалении соосная с ним цилиндрическая стенка, как показано на рис. 1.



H_p – высота резервуара, м; H_c – высота защитной стенки, м; Δr – межстеночное расстояние, м;
 $V_{внеш}$ – объём, ограниченный стенкой, м³; $V_{осн}$ – объём основного резервуара, м³

Рис. 1. Конструкция резервуара с защитной стенкой

Высота защитной стенки H_c должна соотноситься с высотой резервуара $H_{осн}$ следующим образом: $H_c \geq 0,8H_{осн}$. Минимальное значение межстеночного расстояния должно удовлетворять условию $\Delta r > 1,8\text{ м}$ [4].

В условиях пожара в резервуаре с нефтепродуктами выделяющийся тепловой поток расходуется на нагрев продуктов горения, рассеивается в окружающую среду и частично передается на верхнюю часть поверхности ограждения. В результате этого воздействия поверхность нагревается, и далее тепловой поток проходит через ограждение за счет теплопроводности и рассеивается с необогреваемой поверхности в окружающую среду. При пожаре с высокими температурами горения (углеводородный пожар) большая часть теплоты от факела пламени переносится с помощью теплового излучения. Результирующий поток, передаваемый излучением, можно вычислить по соотношению [5]:

$$Q_{л} = C_0 \varepsilon_{np} \varphi \left[\left(\frac{T_f(\tau)}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 \right] F,$$

где $T_f(\tau)$ – температура факела пламени, К; τ – время, с; T_w – температура поверхности ограждающей стенки, К; $\varepsilon_{np} = 1 / [1 + 0,0022(T_f(\tau) - 273)]$ – приведенная степень черноты

между излучающей поверхностью факела и теплопоглощающей поверхностью; $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; φ – коэффициент взаимной облученности, учитывающий долю теплового потока, попадающего с факела пламени на поверхность ограждения; F – площадь излучающей поверхности факела пламени, м^2 .

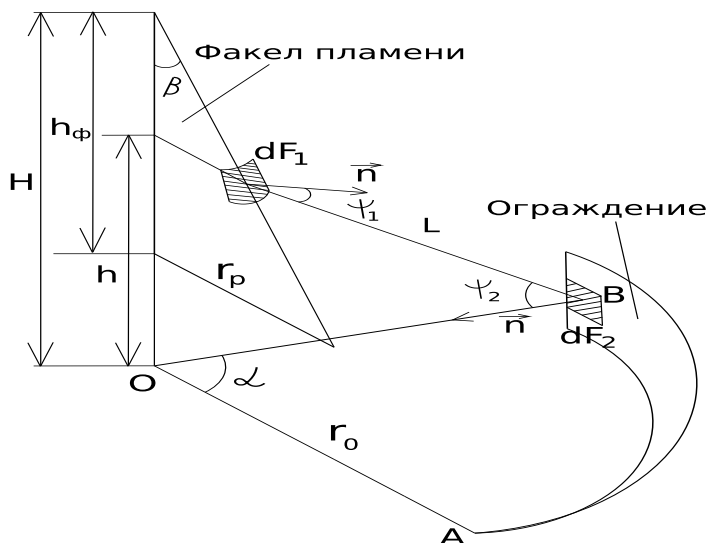
Горение нефтепродуктов характеризуется высокой температурой (выше $1000 \text{ }^\circ\text{C}$). В работе [6] приведен обзор отечественных и зарубежных источников, характеризующих температурный режим углеводородных пожаров, и обоснована возможность считать $T_f(\tau) = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ на протяжении всего пожара.

Для расчета коэффициента φ в настоящей работе форма факела принимается в виде конуса с основанием, равным площади горячей жидкости, рис. 2.

Коэффициент φ_{12} между участками поверхности ограждения и факела пламени рассчитывается с учетом наклона излучающей поверхности и её конической формы [7] и может быть найден путём интегрирования выражения:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{\pi} \int_{h_0}^H \int_{-\frac{\gamma}{2}}^{\frac{\gamma}{2}} \frac{\cos\psi_1 \cos\psi_2}{h^2 + ((H-h)\text{tg}\beta - r_0 \cos\alpha)^2 + (r_0 \sin\alpha)^2} (H-h) \cos^2 \beta \, dh d\alpha, \quad (1)$$

где h_0 – высота начала участка интегрирования, которая находится из условия фактора видимости верхней части факела пламени и стенки ограждения; величина угла α может изменяться в пределах от $(-\gamma/2)$ до $(\gamma/2)$.



dF_1 , dF_2 – элементарные площадки поверхностей факела пламени и ограждения, м^2 ; h – высота, отсчитываемая от рассматриваемой элементарной площадки ограждения dF_2 до элементарной площадки dF_1 ; H – высота, отсчитываемая от площадки dF_2 до верха факела пламени; L – расстояние между элементарными площадками dF_1 и dF_2 , м; ψ_1 и ψ_2 – углы между нормальными к dF_1 , dF_2 и отрезком L , соединяющим эти площадки; α – угол в горизонтальной плоскости AOB между проекциями нормалей к площадкам dF_1 и dF_2 ; β – угол конуса факела пламени

Рис. 2. Взаимное расположение факела пламени конической формы и цилиндрической поверхности ограждения резервуара

Угол γ находится из соотношения:

$$\gamma = \arcsin \frac{4r_p \sqrt{r_0^2 - r_p^2}}{2r_p (2r_p + 2(r_0 - r_p))}.$$

Интегрирование в выражении (1) проводится численно и реализовано в Microsoft Office Excel. Для нахождения коэффициента облученности φ между полными поверхностями F_1 и F_2 необходимо выражение (1) проинтегрировать по площади F_2 . В ходе работы были проведены вычисления для ряда типовых резервуаров различной ёмкости, результаты расчета приведены в таблице.

Таблица. Результаты расчета коэффициента взаимной облученности

Объем, м	Диаметр РВС, м	Высота корпуса, м	Высота защитной стенки, м	Разность высот между резервуаром и стенкой, м	Ширина межстенного пространства, м	Значение коэффициента взаимной облученности
100	4,73	6	4,8	1,2	1,8	0,001
200	6,63	6	4,8	1,2	1,8	0,004
300	7,58	7,5	6	1,5	1,8	0,247
400	8,53	7,5	6	1,5	1,8	0,165
700	10,43	9	7,2	1,8	1,8	0
1000	10,43	12	9,6	2,4	1,8	0
2000	15,18	12	9,6	2,4	1,8	0,180
3000	18,98	12	9,6	2,4	1,8	0
5000	22,8	12	9,6	2,4	2,2	0,005
	20,92	15	12	3	1,8	0
10000	28,5	18	14,4	3,6	1,8	0,011
	34,2	12	9,6	2,4	2,2	0
20000	39,9	18	14,4	3,6	1,86	0,085
	47,4	12	6,9	2,4	3,6	0,004
30000	45,6	18	14,4	3,6	3,9	0,078
40000	56,9	18	14,4	3,6	2,4	0
50000	60,7	18	14,4	3,6	4,2	0,018
100000	95,4	18	14,4	3,6	1,1	0,048

Результаты расчёта коэффициента облучённости по представленной методике можно сравнить со значениями, которые даёт используемая в настоящее время методика, приведенная в работе [4], где коэффициент облученности рассчитывается по формуле [8]:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2}} \arcsin \frac{C_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} + \frac{C_1}{\sqrt{1+C_1^2}} \arcsin \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} \right), \quad (2)$$

где $B_1 = \frac{x_1}{2y_1}$, $C_1 = \frac{h_\phi}{2y_1}$, h_ϕ – высота факела пламени, м; величины x_1 и y_1 находятся из соотношений:

$$x_1 = \frac{4r_p \sqrt{(r_0^2 - r_p^2)}}{2r_p + 2(r_0 - r_p)};$$

$$y_1 = \sqrt{r_0^2 - r_p^2 - (0.5x_1)^2}.$$

Вычисления проводились для резервуара РВСЗС объемом 20000 м³ [3] с диаметром 39,9 м и межстеночным расстоянием 1,86 м, расчётная высота факела пламени 43 м для горящего бензина. Значения коэффициентов облучённости, рассчитанных по выражениям (1) и (2), равны $\varphi = 0,1$ и $\varphi = 0,45$ соответственно.

Для оценки результатов вычислений также проведено численное решение задачи по определению коэффициента взаимной облученности с помощью пакета Comsol Multiphysics. На рис. 3 представлена разработанная модель исследуемого объекта.

В результате выполнения решения коэффициент облученности составил $\varphi_{12}=0,085$.

Анализ полученных данных показывает, что существующая методика, использующая выражение (2), даёт завышенные значения коэффициента облученности φ . Предложенная методика повышает точность описания условий теплообмена благодаря учёту геометрических особенностей модели пожара в РВСЗС, что подтверждается расчетами на численной модели.

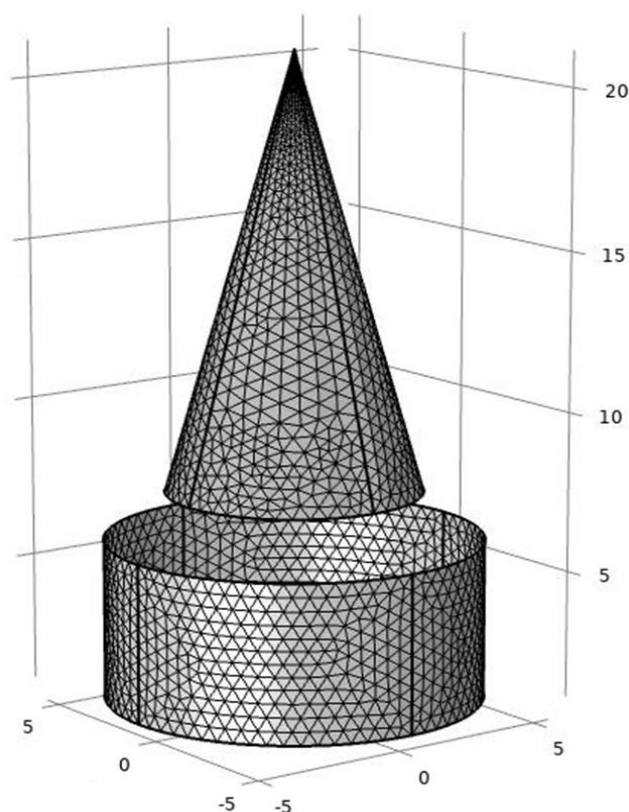


Рис. 3. Численная модель факела пламени и защитной стенки резервуара

В ходе проведенной работы разработана методика расчета условий теплообмена излучением поверхности защитной стенки резервуара в условиях пожара, проведена автоматизация процесса вычисления коэффициента взаимной облученности с помощью Microsoft Office Excel и выполнены вычисления для ряда типовых конструкций резервуаров с защитной стенкой объёмом от 100 м³ до 100000 м³. Проведенная оценка результатов вычислений показала удовлетворительную сходимость с результатами численного моделирования и позволяет уточнить значения, получаемые по существующим соотношениям. Тем не менее, для проверки достоверности получаемых результатов с помощью разработанной методики требуются экспериментальные исследования на модели объекта или проведение огневых испытаний.

Литература

1. Гилетич А.Н. Пожарная безопасность резервуарных парков // Системы безопасности. 2019. № 3.
2. Бакиров И.К., Арсланов Р.М., Константинов Е.В. Пожарная охрана на предприятиях нефтегазовой отрасли, тушение резервуаров // Нефтегазовое дело. Экология и промбезопасность. 2016. Т. 15. № 2. С. 199–203.
3. Рубцов Д.Н., Шалымов М.С. О развитии пожара в резервуаре типа «стакан в стакане» с нефтью и нефтепродуктами // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 3. С. 74–81.
4. Об утверждении Руководства по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов: приказ Ростехнадзора от 26 дек. 2012 г. № 780. URL: <http://gosnadzor.ru/industrial/oil/acts/> (дата обращения: 26.12.2019).
5. Теория тепломассообмена / С.И. Исаев [и др.] / под ред. А.И. Леонтьева. : учеб. для вузов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 462 с.
6. Швырков С.А., Юрьев Я.И. Температурный режим пожара для определения предела огнестойкости ограждающих стен нефтяных резервуаров // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 4. С. 50–56.

7. Определение граничных условий для расчета режимов прогрева ограждений объектов нефтегазового комплекса в условиях пожара / Д.Ю. Минкин [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 5. С. 30–36.

8. Сучков В.П. Методы оценки пожарной опасности технологических процессов. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 155 с.



ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОБМЕНА КАПЕЛЬ ОГNETУШАЩЕЙ ЭМУЛЬСИИ С ПРОДУКТАМИ ГОРЕНИЯ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Выявлены и проанализированы факторы, учитывающие влияние процессов, происходящих в зоне горения на термодинамические характеристики огнетушащей смеси. Выделены стадии процесса теплообмена между макрокаплями огнетушащей эмульсии и продуктами горения. Установлены условия разрыва макрокапли, приводящие к существенному изменению интенсивности теплообмена между потоком подаваемой в очаг горения огнетушащей эмульсии и продуктами горения. Сформирован алгоритм расчета оптимального размера микрокапли огнетушащей эмульсии. Представлена зависимость эффективности пожаротушения огнетушащей эмульсией от размеров распыляемых микрокапель для различных пропеллентов.

Ключевые слова: пропелленты, огнетушащие водные эмульсии, многокомпонентная эмульсия, поверхностное натяжение, вязкость, огнетушащая эффективность, оптимизация

В настоящий момент для пожаротушения в более чем 80 % случаев используется вода, которая позволяет обеспечить отбор тепла от очага горения. Интенсивность процесса отбора тепла в значительной степени определяется дисперсностью потока огнетушащей жидкости, для чего приходится использовать дорогостоящее оборудование высокого давления, и, тем не менее, не удается обеспечить достаточно высокую интенсивность подачи огнетушащей жидкости к очагу пожара. Кроме того, образующиеся мелкодисперсные капли выносятся из зоны горения мощными конвективными потоками продуктов горения, что, безусловно, уменьшает огнетушащую эффективность применения данного вещества в процессе пожаротушения [1].

Огнетушащая эффективность измеряется минимальным количеством огнетушащего вещества, израсходованного при подавлении модельного пожара, а интенсивность его подачи измеряется массовым расходом, подаваемым на единицу площади пожара [2].

Решением проблемы может быть обеспечение процесса генерирования непосредственно в зоне горения потока огнетушащей жидкости, обладающей необходимой мелкодисперсной структурой, при этом появляется возможность избежать использования на пожаре сложного в эксплуатации и дорогостоящего пожарно-технического вооружения. Для этого предлагается использовать огнетушащие водные эмульсии, в качестве дисперсного компонента которых выступают легкокипящие органические жидкости, так называемые пропелленты [3, 4]. Физический механизм воздействия таких эмульсий на зону горения состоит в том, что происходит интенсивное вскипание легкокипящей фазы, сопровождающееся разрывом капли-носителя, что увеличивает дисперсность водного потока и тем самым повышает интенсивность отбора тепла от зоны горения пожарной нагрузки.

Под эмульсией обычно понимают неустойчивую систему в виде взвеси микроскопических частиц одной жидкости, которую невозможно растворить в другой жидкости, при этом между частицами, составляющими эти жидкости, не возникают физические или химические взаимодействия.

Огнетушащая эффективность таких эмульсий определяется физико-химическими характеристиками, так в работе [5] представлена оптимальная область физико-химических параметров огнетушащих водных эмульсий, в которой проявляется максимум их огнетушащих способностей.

Однако при попадании огнетушащей смеси, представляющей собой водную эмульсию, в высокотемпературную среду зоны горения возможно физико-химическое взаимодействие между газообразной фракцией пожарной нагрузки, продуктами ее горения, водой и легкокипящими дисперсными компонентами огнетушащей смеси, что не учитывают существующие источники.

Целью проведенных исследований является формирование модели процесса тепломассообмена между каплями огнетушащей эмульсии и выявлении на ее основе оптимальных параметров водной эмульсии легкокипящих органических жидкостей с целью минимизации расхода огнетушащей смеси на пожаротушение.

В ходе анализа физики процессов нагревания воды с ее последующим парообразованием, происходящим в зоне горения, при формировании вышеозначенной модели необходимо учитывать влияние этих процессов на термодинамические характеристики образующейся при этом газовой смеси.

Учитываются несколько основных факторов, а именно:

- фактор тепломассообмена, обусловленный процессами свободной конвекции, вызванный теплообменом между продуктами горения и каплями огнетушащей эмульсии;
- термодинамический фактор, связанный с изменениями удельной теплоемкости и внутренней энергией продуктов горения, а также продуктов испарения огнетушащей эмульсии;
- термохимический фактор, проявляющийся в ходе химических реакций между продуктами горения и продуктами испарения огнетушащей эмульсии.

Анализируя фактор тепломассообмена, можно предположить, что ход конвективного теплообмена предопределяет продолжительность местного воздействия паров огнетушащей эмульсии на термодинамические параметры продуктов горения пожарной нагрузки. В этом случае огнетушащая эмульсия, впрыснутая в зону горения в виде мелкодисперсных капель, достигает своих критических параметров (температуры и давления) за достаточно непродолжительный временной промежуток. В ходе перемещения капель огнетушащей эмульсии в среду продуктов горения пожарной нагрузки температура этих капель в ходе процессов теплообмена с продуктами горения увеличивается и может достигнуть температуры кипения огнетушащей эмульсии, соответствующей значению локального давления в зоне горения пожарной нагрузки. Процесс перегрева огнетушащей эмульсии обуславливает переход водной компоненты, находящейся внутри отдельных капель, к метастабильному состоянию и созданию необходимых условий для спонтанного вскипания. Это происходит несмотря на снижение числа локальных центров парообразования, поэтому центры парообразования возникают вследствие процессов тепловой флуктуации [6].

Термодинамический анализ состояния газовой фазы огнетушащей эмульсии в зоне горения пожарной нагрузки базируется на допущении, что на любом локальном участке термодинамического процесса происходит отвод теплоты, равный количеству тепла, требуемого для испарения подведенной огнетушащей эмульсии. По мере превращения огнетушащей эмульсии из жидкого состояния в газообразное будет развиваться процесс дальнейшего отбора теплоты от продуктов горения пожарной нагрузки. Будет происходить нагрев паровой фракции, которая образуется в ходе испарения огнетушащей эмульсии при ее нагреве продуктами горения пожарной нагрузки, вследствие чего изменятся теплоемкость и удельная внутренняя энергия паровой фракции, а также возникнут условия, способствующие спонтанному вскипанию отдельных капель огнетушащей эмульсии.

В ходе пожаротушения капля огнетушащей эмульсии, представляющая собой водную эмульсию легкокипящих органических жидкостей, помещается в возмущенную среду

продуктов горения с известной температурой T_1 , давлением P_1 , частотой f и пульсацией A скорости движения газового потока. Естественно предположить, что температура продуктов горения T_1 больше начальной температуры капле эмульсии $T_{э0}$, то есть $T_1 > T_{э0}$, что предопределяет интенсивность теплообмена между наружной поверхностью капли и продуктами горения пожарной нагрузки.

В этом случае можно выделить несколько стадий этого процесса:

- капля эмульсии прогревается до температуры перегрева воды T_n , что будет сопровождаться интенсивным процессом испарения легкокипящих органических жидкостей, образующих вместе с водой огнетушащую эмульсию;

- происходит спонтанное вскипание водяной компоненты отдельных капель огнетушащей эмульсии;

- образующийся водяной пар ухудшает условия теплообмена между продуктами горения и наружной поверхностью капель огнетушащей эмульсии.

Предполагается, что теплота, расходуемая на испарение воды, входящей в каплю огнетушащей эмульсии, будет пропорциональна численному значению выражения:

$$\left(\frac{m_э}{m_э + m_л} \right)^k,$$

где $m_э$ – масса воды, содержащейся в капле огнетушащей эмульсии; $m_л$ – масса легкокипящей органической жидкости, содержащейся в капле огнетушащей эмульсии; k – эмпирический коэффициент, величина которого зависит от интенсивности процесса испарения с поверхности капли огнетушащей эмульсии.

Истинное значение массы водяного компонента, составляющего каплю огнетушащей эмульсии, можно определить, решив дифференциальное уравнение:

$$\left(\frac{m_э}{m_э + m_л} \right)^k \cdot \frac{\partial m_э^*}{\partial \tau} = \frac{\partial m_э}{\partial \tau},$$

где $m_э^*$ – масса водяной капли, участвующей в теплообмене с продуктами горения.

Проанализируем условия спонтанного вскипания водяной компоненты отдельных капель огнетушащей эмульсии, отображенной на рис. 1.

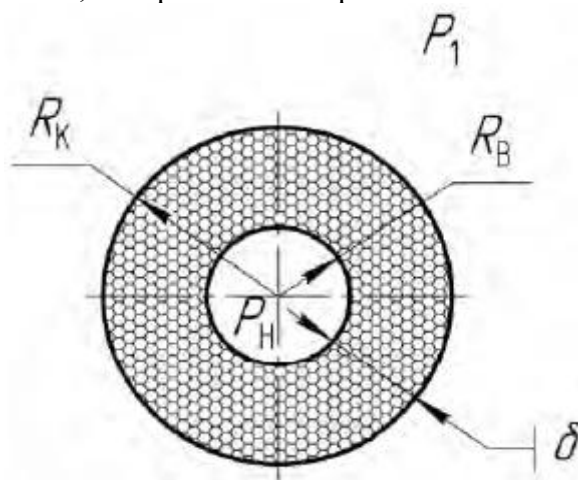


Рис. 1. Модель капли огнетушащей эмульсии

где $R_к$ – текущий радиус капли огнетушащей эмульсии; $R_э$ – текущий радиус внутренней полости капли огнетушащей эмульсии; δ – текущая толщина эмульгированного слоя внутри капли; $P_н$ – давление насыщенных водяных паров внутри капли огнетушащей эмульсии; P_1 – давление газовой среды в зоне горения пожарной нагрузки.

Разрыву оболочки капли огнетушащей эмульсии препятствует наличие сил поверхностного натяжения f , которые создают на поверхности этой капли напряжение сжатия σ :

$$\sigma_{\alpha} = \frac{f}{S} = \frac{f}{\pi \cdot (R_{\kappa}^2 - R_{\sigma}^2)}, \quad (1)$$

где S – площадь поперечного сечения оболочки капли огнетушащей эмульсии.

С прогревом капли огнетушащей эмульсии будет нарастать значение давления насыщенных водяных паров внутри капли огнетушащей эмульсии, при этом сила поверхностного натяжения уменьшится и напряжение сжатия уменьшится, а размеры капли увеличатся. Когда силы поверхностного натяжения σ_{α} и внешнее давление продуктов горения P_1 перестанут компенсировать давление насыщенных водяных паров внутри капли P_n , то:

$$\sigma_{\alpha} \leq \sigma_{\text{эк}}. \quad (2)$$

В неравенстве (2) значение нормального напряжения растяжения в оболочке капли огнетушащей эмульсии $\sigma_{\text{эк}}$ можно вычислить с использованием выражения (3):

$$\sigma_{\text{эк}} = \frac{(P_n - P_1 - P_{\alpha}) \cdot R_{\kappa}}{2 \cdot \delta}. \quad (3)$$

В выражении (3) для определения значения насыщенного пара внутри капли огнетушащей эмульсии P_n , в работе [2] предлагается применить следующую эмпирическую зависимость:

$$P_n = 2780 \cdot e^{\frac{4660}{T_{\text{эо}}}}, \quad (4)$$

а избыточное давление силы поверхностного натяжения $P_{\alpha} = 2 \cdot \alpha_m / R_{\kappa}$,

где α_m – коэффициент поверхностного натяжения огнетушащей эмульсии, величина которого зависит от температуры газовой смеси в очаге пожара T_1 .

$$\alpha_m = 1,69 \cdot \alpha_{m0} \cdot \left(1 - \frac{T_1}{T_{\text{эо}}}\right), \quad (5)$$

α_{m0} – коэффициент поверхностного натяжения огнетушащей эмульсии при начальной температуре $T_{\text{эо}}$.

Уравнения (1–5) увязывают физические характеристики компонентов огнетушащей эмульсии, теплофизические параметры газовой смеси, образующейся в зоне горения, и суммарную поверхность тепловосприятия огнетушащего потока, равную произведению объемной концентрации микрокапель на их единичную наружную поверхность, и образуют модель, реализованную в качестве алгоритма, представленного на рис. 2.

Результаты расчета с использованием представленного алгоритма практически совпадают с приведенными в работе [5] данными измерения диаметра капель огнетушащей эмульсии. Это подтверждает ранее описанную физическую картину: попадающие в зону горения пожарной нагрузки макрокапли огнетушащей эмульсии диаметром $d=1 \div 2$ мм разрушаются в ходе вскипания легкокипящей фракции, в результате чего диаметр образующихся микрокапель уменьшается до $50 \div 100$ мкм. Содержание рис. 3 наглядно иллюстрирует физическую картину существенного увеличения площади теплообмена между потоком огнетушащей эмульсии и продуктами горения.

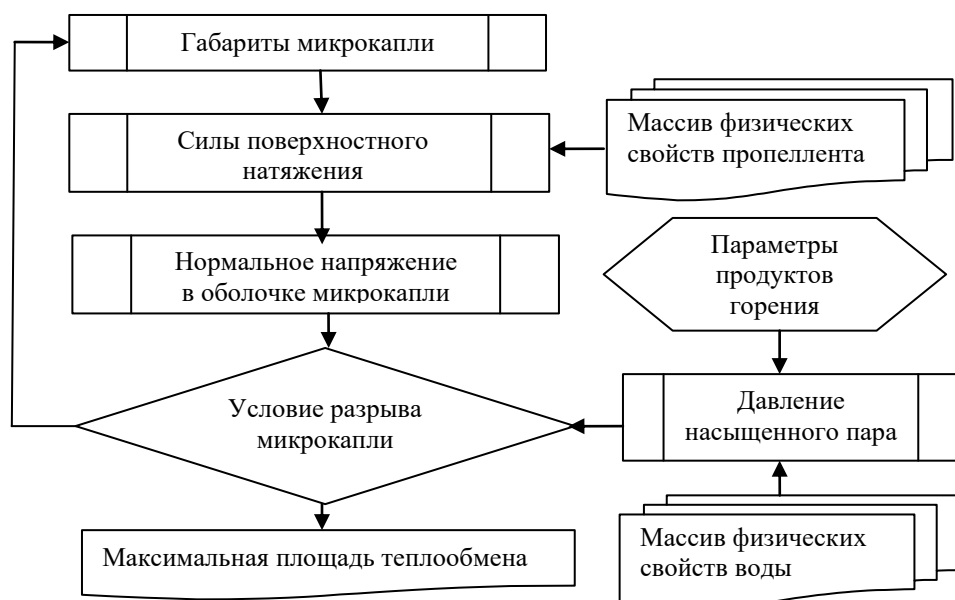


Рис. 2. Алгоритм расчета оптимального рамера микрокапли огнетушащей эмульсии

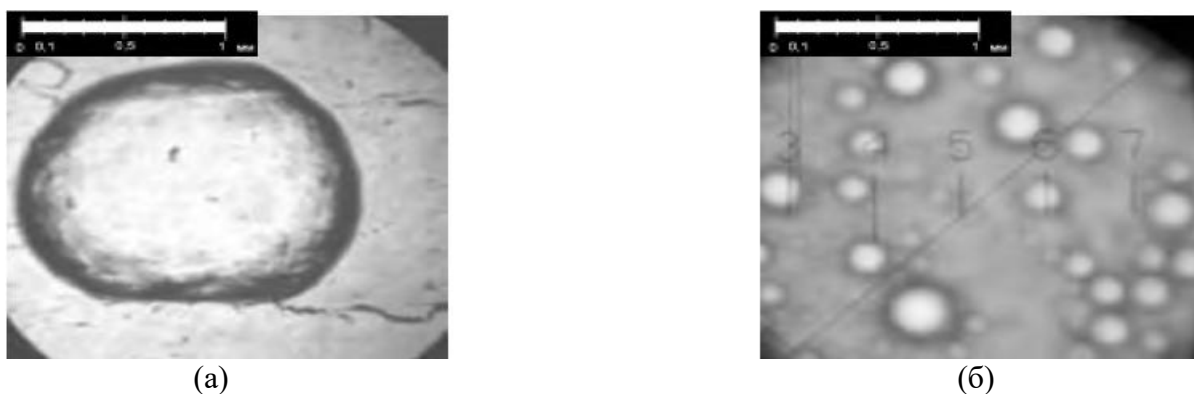


Рис. 3. Дисперсность потока огнетушащей эмульсии
(а) – до зоны горения; (б) – в зоне горения

Максимальная эффективность применения огнетушащих эмульсий достигается при оптимальной степени дробления микрокапель, что подтверждено результатами эксперимента, отображенными на рис. 4.

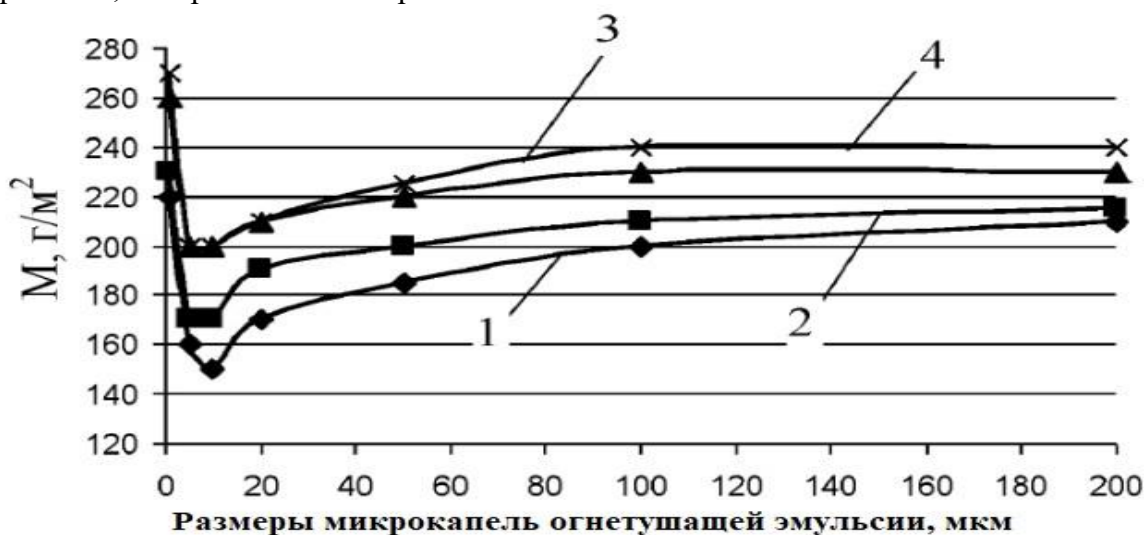


Рис. 4. Зависимость огнетушащей эффективности от размеров микрокапель огнетушащей эмульсии

На рис. 4 представлена зависимость эффективности пожаротушения огнетушащей эмульсией от размеров распыляемых микрокапель для различных пропеллентов: 1 – иодметана CH_3I ; 2 – бромистого этила $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$; 3 – пентана C_5H_{12} ; 4 – октана C_8H_{18} .

Падение огнетушащей эффективности при росте размеров частиц дисперсной фазы огнетушащей эмульсии объясняется тем, что пропеллент может не присутствовать во всех макрокаплях, образующих струю, что сказывается на интенсивности разрыва макрокапель и образовании микрокапель.

Таким образом, использование огнетушащих эмульсий позволяет организовать подачу потока с низкой дисперсностью оборудованием среднего давления, что снижает вероятность выноса конвективными потоками макрокапель из зоны горения, что в свою очередь увеличивает огнетушащую эффективность за счет разрыва макрокапель до размеров микрокапель.

Литература

1. Дымов С.М., Цариченко С.Г., Лотоцкий Н.А. Перспективы использования мелкораспыленной воды при тушении пожаров // Пожарная безопасность – история, состояние, перспективы: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 1997.
2. Повзик Я.С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «Спецтехника», 2004. 416 с.
3. Томас Г.О. Применение, механизмы и эффективность использования распыленной воды для взрывозащиты объектов большого объема // Пожаровзрывозащита веществ и взрывозащита объектов: Международ. семинар. М.: ВНИИПО, 1995. С. 44–45.
4. Панин Е.Н., Ройко В.М., Козлов В.А. Огнетушащая способность эмульсии воды с низкокипящей водонерастворимой добавкой // Пожаротушение: сб. науч. трудов. М.: ВНИИПО, 1983. С. 112–117.
5. Казаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. М.: Стройиздат, 1977. 80 с.
6. Дерягин Б.В. Поверхностные силы. М.: Наука, 1985. 398 с.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Кузьмина Татьяна Анатольевна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kuzmina@igps.ru, канд. пед. наук;

Латышев Олег Михайлович – проф. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, проф.;

Лобова Софья Федоровна – ст. науч. сотр. отдела инновационных и информационных технологий в экспертизе пожаров Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед.и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Магомедов Владимир Босирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: basirovich78@mail.ru;

Минкин Дмитрий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. тех. наук, доц.;

Мионов Александр Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Полевщикова Екатерина Владимировна – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Принцева Мария Юрьевна – зам. нач. отдела инструмент. методов и техн. средств эксперт. пожаров Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед.и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. тех. наук;

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. тех. наук, доц.;

Сысоева Татьяна Павловна – ст. науч. сотр. отдела инновац. и информ. технол. в эксперт. пожаров Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед.и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. тех. наук;

Фомин Александр Викторович – проф. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: fom-deg@ya.ru, канд. тех. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Яндиев Микаил Асланович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149).



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, а также осуществляет переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-майор внутренней службы, кандидат технических наук Гавкалюк Богдан Васильевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем, организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых

академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

- 32 кафедры;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации; факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА); факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности НИИ: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск,

Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: Алма-Ата (Республика Казахстан), Баку (Азербайджанская Республика), Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств – участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями Университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-Сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны (МОГО), Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования

«Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фондов. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом в электронных каталогах и картотеках. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



SCIENTIFIC AND ANALYTICAL MAGAZINE

**MONITORING AND EXPERTISE
IN SAFETY SYSTEM**

№ 1 – 2020

The Editorial Board

Chairman – Doctor of Technical Sciences, General-the Major of internal service **Gavkalyk Bogdan Vasilyevich**, head of the Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

Co-chairman – Doctor of Sciences **Savić Branko**, Director of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

Vice-chairman – Doctor of Political Sciences, candidate of Historical Sciences **Tamara V. Musienko**, Deputy Head of the University on scientific work.

Vice-chairman – Doctor of Sciences **Milisavlević Branko**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

Members of the Editorial Board:

Doctor of Technical Sciences, professor, honored science worker of the Russian Federation **Vladimir N. Lozhkin** Professor of the Department of fire, rescue equipment and road management;

Doctor of Medical Sciences, professor, honored worker of Higher School of the Russian Federation **Ludmila A. Konnova**, leading researcher of the of scientifically research institute of perspective researches and innovative technologies in the field of health and safety;

Doctor of Technical Sciences, professor, honored worker of Higher School of the Russian Federation, colonel **Mikhail A. Galishev**, professor of criminology and engineering and technical expertise;

Doctor of Chemical Sciences, Professor **Gregory K. Ivakhnyuk**, professor of fire safety of technological processes and production department;

Doctor of Technical Sciences, professor colonel **Sergey V. Sharapov**, Professor of the Department of criminology and engineering expertise;

Doctor of Technical Sciences, professor **Iliya D. Czechko**, leading researcher of the scientifically research institute of perspective researches and innovative technologies in the field of health and safety;

Doctor of chemical sciences, professor **Nikolay V. Sirotinkin**, Dean of the Faculty of Technology of Organic Synthesis and Polymer Materials of Saint-Petersburg State Technological Institute (Technical university);

Doctor of Sciences **Babić Branko**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of Sciences **Karabasil Dragan**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of Sciences **Petrović-Gegić Anita**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of Sciences (PhD) **Agoston Restas**, Head of the Department of Passive Fire Defense and Prevention of Emergencies. Institute of Management in Emergency Situations (Republic of Hungary);

Doctor of Engineering Science **Mrachkova Eva**, Professor of the Department of Fire Protection of the Technical University of Zvolen (Republic of Slovakia);

Doctor of Engineering Science (PhD), colonel of an internal service **Yuriy S. Ivanov**, First Deputy Head of the Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies (Republic of Belarus).

Secretary of the Board:

Major **Polina A. Bolotova**, editor of editorial department.

Candidate of Technical Sciences **Subotić Natasha**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

The Editorial staff

Chairman – Colonel **Sergey M. Styopkin**, chief of editorial department.

Members of the editorial staff:

Candidate of Pedagogics science, Colonel **Tatyana A. Kyzmina**, associate Professor of the Department of supervision (responsible for the release);

Senior lieutenant **Sergey V. Ilitskiy**, inspector of the international department and information policy;

Captain **Alexander E. Gaidukevich**, the leading engineer of the information and communication technologies center;

Candidate of technical sciences **Alexander A. Kuzmin**, associate professor, department of mechanics, St. Petersburg state technological institute (technological university);

Doctor of Technical Sciences **Petra Tanović**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of science **Kim Hwayoung**, associate professor of the fire safety department of the Kyungil University (Republic Korea);

Candidate of Technical Science **Oleg D. Navrotskiy**, head of the Department of the Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies (Republic of Belarus);

Doctor of juridical science, Associate professor, Colonel **Anna A. Medvedeva**, chief of the international department and information policy;

Candidate of technical science, Associate professor, Colonel **Julia N. Belshina**, chief of criminalistics and technical examinations department.

Secretary of the Board:

Captain **Liliya N. Mamedova**, editor of prepress department of editorial department.



CONTENST

THEORY AND PRACTICE OF FORENSIC ENQUIRY

Printseva M. Yu., Lobova S. F. Monitoring of residues of flammable and combustible liquids in the ground by fluorescence spectroscopy 54

SUPERVISORY ACTIVITY

Fomin A.V. State fire control for oil and petroleum products consumables based on a risk-based approach 58

Latyshev O.M., Mironov A.V., Sysoeva T.P., SMS newsletters in the field of preventive firefighting activity 61

Fomin A.V., Magomedov V.B. Preservation of cultural heritage from fires through the prism of historiography of the cultural space of the Saratov region 66

FIRE SAFETY OF TRANSPORT AND INFRASTRUCTURE

Kuzmin A.A., Romanov N.N., Polevshchikova E.V. Engineering Methods for evaluating the fire resistance of building structures 72

SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND INDUSTRY

Minkin D.A., Yandiev M. A. Thermal mode of cylinder tank protective wall in conditions of fire 79

PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRES PREVENTION AND SUPPRESSION

Kuzmin A.A., Kuzmina T.A. Analysis of heat and mass exchange of fire-extinguishing emulsion droplets with combustion products 85

Information about the authors 91

Background 92

Full or partial copying, reproduction, multiplication or other using of materials publishing in magazine «Monitoring and expertise in safety system» without written editorial permission isn't allowed

Reviews and wishes send at the address: 196105; Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, 149, incorporate editors office of editorial department of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, tel. (812) 645-20-35, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru

Official website of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia: www.igps.ru

Saint-Petersburg university
of State fire service of EMERCOM of Russia, 2020

MONITORING OF RESIDUES OF FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE LIQUIDS IN THE GROUND BY FLUORESCENCE SPECTROSCOPY

M.Yu. Printseva; S.F. Lobova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Studies have been carried out to detect the source and burned out flammable and combustible liquids used in arson, using fluorescence spectroscopy. The time after which it is possible to detect residues of flammable liquids by this method is determined. It was shown that the remnants of motor gasoline by fluorescence spectroscopy are detected in the soil for up to 2 weeks, and the remains of diesel fuel up to 5 weeks inclusive.

Keywords: fire expertise, fluorescence spectroscopy, priming, soil, aromatic hydrocarbons, flammable and combustible liquids, oil products

Highly flammable liquids (HFL) – an affordable and often used means of arson. They are used both on their own with the aim of intensifying combustion, and as part of complex improvised incendiary devices. Detection of flammable and combustible liquids at the fire site is an important qualification sign of arson, and information about the type and composition of the liquid is forensic information that may be useful in its investigation.

Often there are cases when combustible liquids spill onto the ground under the floor, into cellars or fall to the ground when the arsonist makes a «path» out of the liquid.

The soil is an excellent potential object carrier of HFL residues, since it has increased porosity and often remains cold and moist during a fire, slowing down the evaporation of a combustible liquid [1].

Ideally, the search for residues of flammable liquids should be carried out immediately after a fire. This is especially important when searches have to be carried out in the open air, when trace amounts of flammable liquid remaining after its burning are exposed to weather factors – weathering, washing out by rain, melting snow, etc. However, not always searches for liquid residues are carried out immediately after the commission of a crime. It can take from several days to several weeks, and sometimes months after arson. Therefore, it is important to know after what time it is possible to detect residues of flammable liquids. This issue is very relevant at the stage of planning and conducting investigative actions and expert studies.

The article presents the results of experiments on the detection of residues of flammable liquids in the soil by fluorescence spectroscopy and determines the time after which it is possible to detect these residues by this method.

The objects of study were automobile gasoline AI-92 and winter diesel fuel.

The fluorescence spectra of the studied petroleum products were recorded on a Fluorat-02-Panorama spectrofluorimeter (Lumex LLC, St. Petersburg) operating in the wavelength range of 210–690 nm under the following recording conditions: excitation wavelength – 255 nm, registration area – from 265 up to 450 nm, sensitivity – low, number of flashes –25, step –1 nm. As a solvent, hexane of the OSCH brand was used.

To study soil samples with residues of flammable liquids by fluorescence spectroscopy, the residues were extracted by periodic extraction [2].

In Fig. 1 shows the fluorescence spectra of representatives of the HFL groups, the appearance of which in the fire is most likely – gasoline and diesel fuel. The criterion for the classification of flammable liquids by fluorescence spectroscopy is the presence on the spectra of characteristic combinations of fluorescence maxima (regions) [3, 4].

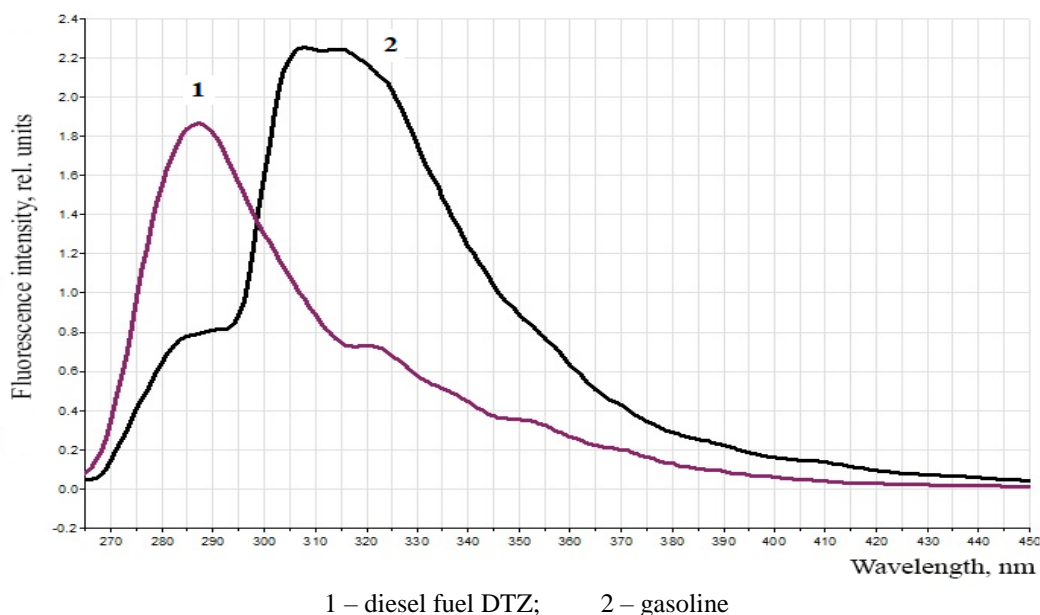


Fig. 1. Fluorescence spectra of flammable liquids

On the fluorescence spectra of hexane soil extracts with gasoline residues, characteristic maxima are observed in the range of monoaromatic hydrocarbons (MH) 270–300 nm and bicyclic aromatic hydrocarbons (BAH) 300–330 nm, up to 2 weeks inclusive (Fig. 2). After 3 weeks, in the spectra of hexane soil extracts with gasoline residues, in addition to the listed maxima, maxima appear in the region of tricyclic aromatic hydrocarbons (TAH) like phenanthrene and its homologs 340–370 nm (Fig. 2). Starting from 4 weeks, the maximums characteristic of motor gasolines is absent in the fluorescence spectra of the studied soil extracts with gasoline residues. Only low-intensity maxima in the BAH region and intense maxima in the TAH region are present in the spectra. These fluorescence maxima are most likely related to the extractive components of the soil itself.

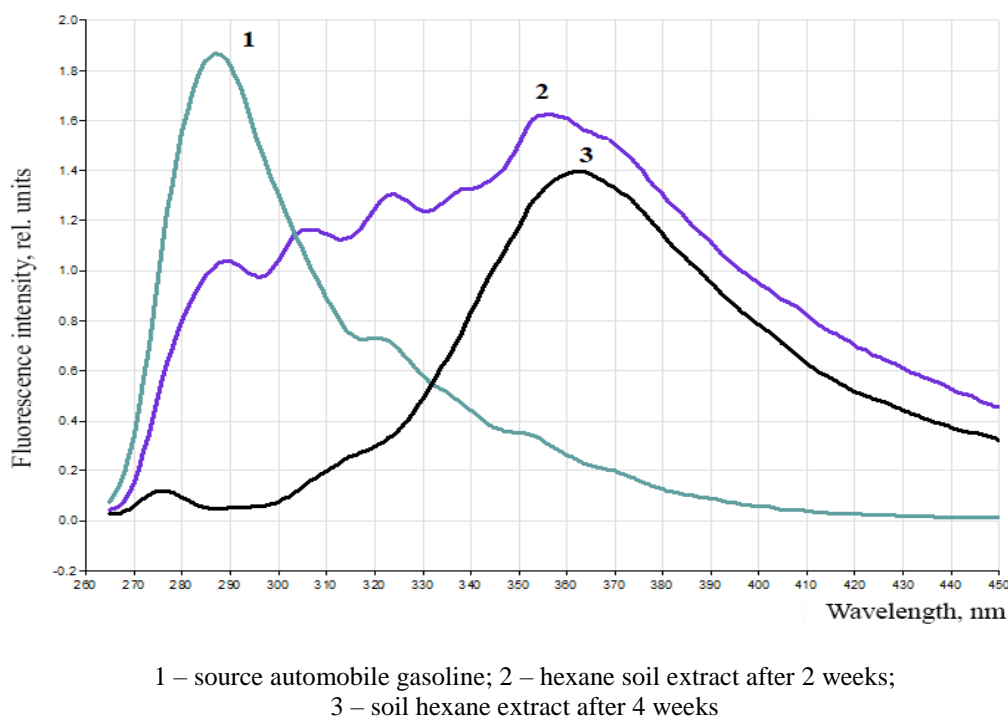
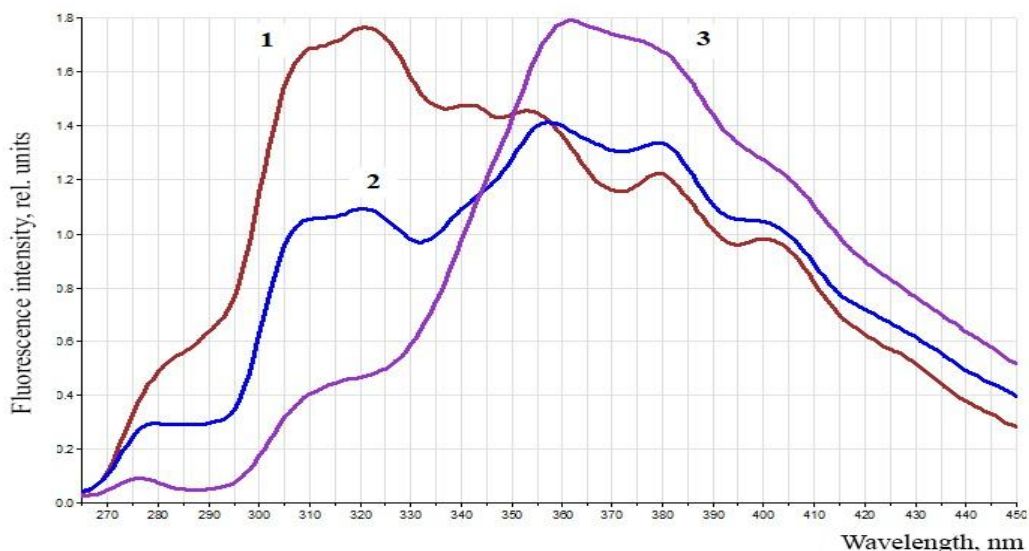


Fig. 2. Fluorescence spectra of gasoline and hexane extracts of soil with the remains of gasoline, selected at different times

Since the fluorescence intensity increases with the number of rings and conjugated double bonds [5, 6], the fluorescence of tricyclic aromatic hydrocarbons can overlap the fluorescence of mono – and bicyclic aromatic hydrocarbons, even if their number exceeds TAH.

Thus, the fluorescence maxima of tricyclic aromatic hydrocarbons present in the soil most likely mask the maxima characteristic of motor gasoline (MH, BAH).

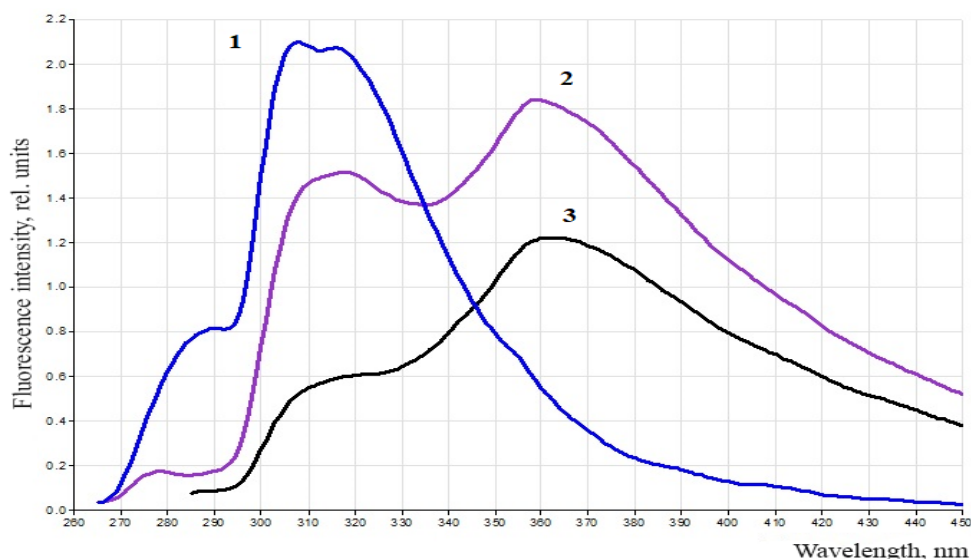


1 – after 1 week; 2 – after 2 weeks; 3 – in 4 weeks

Fig. 3. Fluorescence spectra of hexane soil extracts with the remains of burnt automobile gasoline, selected at different times

Therefore, it must be remembered that the absence of maxima characteristic of motor gasoline on the fluorescence spectrum of hexane soil extracts is not the basis for the complete exclusion of the presence of gasoline in the soil. Residues of gasoline can be detected by gas chromatography.

For burnt automobile gasolines on the fluorescence spectra, characteristic maxima are in the range of BAH 300–330 nm, TAH type phenanthrene and its homologues 340–370 nm and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) type anthracene, pyrene and their homologues 370–390 nm, 390–410 nm are stored in the soil up to 2 weeks inclusive (Fig. 3). After 4 weeks, the maximum fluorescence maxima in the PAH region are practically absent.



1 – diesel fuel; 2 – hexane soil extract with diesel residues after 5 weeks;
3 – hexane soil extract with the remains of burnt diesel fuel after 5 weeks

Fig. 4. Fluorescence spectra of diesel fuel and hexane extracts of soil with residues of diesel fuel taken at different times

Diesel fuels, unlike gasoline, are better stored in the soil and their detection in the soil by fluorescence spectroscopy is possible up to 5 weeks inclusive (Fig. 4).

Thus, it is shown by the example of motor gasoline and diesel fuel that the remnants of flammable and combustible liquids can remain in the ground for a sufficiently long time (up to 2 weeks for gasoline and up to 5 weeks for diesel fuel), despite adverse weather conditions, and can be detected by fluorescence spectroscopy. Detection of oil products by fluorescence spectroscopy would be possible after a longer time, however, the presence of the BAH and TAH maxima characteristic of heavy oil fractions related to extractive substances of the soil overlap the fluorescence maxima characteristic of HFL residues. Therefore, it must be remembered that, in the absence of maximum combinations characteristic of flammable liquids in the soil fluorescence spectrum, soil investigation should be carried out by gas-liquid chromatography.

References

1. Cheshko I.D., Plotnikov V.G. Analysis of expert versions of the fire. Prince 2. SPb.: OOO Beresta, 2012. 364 p.
2. Romankov P.G., Kurochkina M.I. Extraction from solid materials. L.: Chemistry, 1983. 256 p.
3. Cheshko I.D., Princeva M.Yu., Yatsenko L.A. Detection and determination of the composition of flammable and combustible liquids during arson: method. allowance. M.: VNIPO, 2010. 90 p.
4. Princesseva M.Yu., Klapyuk I.V., Cheshko I.D. The use of fluorescence spectroscopy to detect and establish the composition of flammable and combustible liquids used in arson // Fire Safety. 2010. № 2. P. 94–99.
5. Parker S. Photoluminescence of solutions. M.: Mir, 1975. 510 p.
6. Alekseeva T.A., Teplitskaya T.A. Spectrofluorimetric methods for the analysis of aromatic hydrocarbons in natural and industrial environments. L.: Gidrometeoizdat, 1981. 216 p.



SUPERVISORY ACTIVITY

STATE FIRE CONTROL FOR OIL AND PETROLEUM PRODUCTS CONSUMABLES BASED ON A RISK-BASED APPROACH

A.V. Fomin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A risk-based method for monitoring compliance with fire safety requirements is used in the activities of state fire control authorities. For consumable warehouses of oil and oil products, the existing approach to classifying them as a risk category does not objectively reflect the level of fire hazard of such objects. A mathematical model is proposed that allows one to determine the level of collective risk for people in the zone of potential negative consequences of a possible fire based on the available parameters. This will increase the effectiveness of control and supervision activities and the level of fire safety of consumables for oil and oil products.

Key words: fire safety, consumables for oil and oil products, risk-based approach, control activities, risk assessment

Ensuring fire safety at the objects of protection, which include oil and oil products warehouses and, in particular, their consumable warehouses, is one of the most important tasks; successful development and functioning of the state economy depends on its solution.

Consumable warehouses are oil product warehouses that are part of industrial, transport, energy, agricultural, construction and other enterprises and organizations [1].

At the same time, the necessary control measures carried out by the state fire supervision authorities should help achieve the required level of safety with minimal economic costs. The implementation of this approach by optimal means, taking into account the basic principles of the legislation on technical regulation, is possible during the transition to object-oriented technologies, including using calculation methods [2].

In order to optimize the use of labor, material and financial resources involved in the implementation of state control (supervision), reduce the costs of legal entities, individual entrepreneurs and increase the effectiveness of their activities by state control (supervision) bodies when organizing certain types of state control (supervision), risk may be applied-oriented approach [3].

The risk-based approach is a method of organizing and implementing state control (supervision) by choosing the form, duration, frequency of measures to control and prevent violations of mandatory requirements based on the classification of subjects of supervision in the field of fire safety as a certain risk category.

The body of state control (supervision), the subject of supervision refers to the established hazard classes, taking into account the severity of the potential negative consequences of possible non-compliance with mandatory requirements, and to the risk category - also taking into account the assessment of the probability of non-compliance with relevant mandatory requirements [4].

The classification of risk categories of objects of protection and the assignment of such production facilities as consumable depots petroleum (hereinafter referred to as consumable DP) is regulated by the Regulation on State Fire Control (hereinafter referred to as the FCS) [5].

Analysis of the system for categorizing expendable DPs according to the degree of risk allows us to distinguish the following elements: the subject of control is the FCS; the object of control is consumable DP, input parameters are indicators that affect the danger level of consumable DP, output is a numerical indicator of the risk category. The main process

of a system for categorizing consumable DPs by risk is determining the risk category of consumable DP based on the probability and severity of the potential negative consequences of a possible fire [5].

Currently, the risk category of consumable DP is determined by signs that do not take into account the likelihood and severity of harm, because assigned to a certain category of risk, on the grounds that define a hazardous production facility.

Thus, the risk category of expendable DP is determined by a conditional rather than a calculation method. The legislation provides [3] the classification of subjects of supervision to a certain risk category by calculating the values of indicators used to assess the likelihood and severity of potential negative consequences of a possible negative scenario. The methodology for such a calculation should be approved by EMERCOM of Russia, which is the authorized federal executive body for the development of state policy and legal regulation in the relevant field of activity. However, the existing calculation methodology for assessing fire risk, approved by EMERCOM of Russia, in relation to production facilities [6], in order to categorize such production facilities as consumable DP, is not applicable for the following reasons:

the value of some parameters adopted in the calculations is unknown without verification of the object of protection;

Risk calculations are due to the high complexity and volume of calculations.

The risk assessment calculations presented in declarations and safety data sheets of hazardous production facilities contain elements of a subjective nature.

In this regard, it is proposed to develop a mathematical model for the express calculation method for determining the risk category of expendable SNS, which will determine the degree of hazard of an object depending on the level of risk for people in the zone of potential negative consequences of a possible fire.

In the process of categorizing expendable DP according to the degree of risk from the point of view of operations research, it was necessary to develop a mathematical model that determined the collective risk of expendable DP based on the available parameters. The outcome of the operation is the numerical value of the degree of collective risk.

Based on the purpose of the study, it seems that only reliable factors should be used in the model, and to achieve the goals of the risk-based approach, the limited labor and time resources should be taken into account, the calculation procedure should not be time-consuming and have a minimum set of calculation parameters.

The use of probability theory and mathematical statistics to conduct a quantitative risk assessment on expendable DPs is most acceptable [7].

Probabilistic events A (fire and those affected by the effects of hazardous fire factors on consumable DP) are independent. By the theorem of multiplication of joint and independent events, the risk (probability) of the joint manifestation of such events can be determined by the formula:

$$P_{A_1, A_2, \dots, A_m} = \prod_{i=1}^m [R(A_i)]$$

R risk for two events: A_1 fire and A_2 affected by fire:

$$R = R(A_1)R(A_2)$$

The risk $R(A_1)=R_1$ of a fire at a consumable DP is defined as the probability of an event, i.e. characterized by the ratio of the number of fires n on consuming SNS in a certain territory to the total number N of consuming DP located in this territory for a certain period of time t :

$$R_1 = \frac{n}{tN}$$

Risk R_2 – the probability of death or personal injury in a fire at an expendable SNS can be expressed as the mathematical expectation of a random variable, i.e. the product of the probability of a fire with injured R_{nn} and the value of the expected consequences N_{pp} for people affected by a fire at a consumable DP:

$$R_2 = R_{mo} = R_{nn} N_{nn}$$

At the same time, the risk of R_{pp} injuring a person in a fire at an expendable SNS is expressed as the probability of an event, i.e. the ratio of statistics on the number of people injured in fires n_n on consumable SNS, to the total number of people N_p , at risk

$$R_{nn} = \frac{n_n}{tN_n}$$

Thus, having examined the systematic process of categorizing expendable SNS according to the degree of risk from the point of view of operations research, a mathematical model has been developed to determine the collective fire risk of expendable DP:

$$R_{kn} = \frac{n}{tN} \left(\frac{n_n}{tN_n} N_{nn} \right)$$

where n – number of fires on consumable DP; N – number of consumable DP; t – observed (analyzed) period; n_n – the number of victims (dead and injured) during fires on consumable DP; N_n – number of people at risk of fire; N_{nn} – the number of possible victims in the area of sanitary losses during a fire at consumable DP.

The proposed mathematical model is based on the provisions of probability theory and mathematical statistics, takes into account the requirements of the current legislation regarding the classification of objects of protection as a different risk category to determine the intensity of the inspections by the FCS bodies depending on the likelihood and severity of potential negative consequences for people from possible non-compliance with mandatory requirements leading to the fire.

The implementation of the calculation method when applying the risk-based approach will increase the efficiency of the FCS and the fire safety of consumable SNS.

References

1. SP 155.13130.2014 Code of practice «Warehouses for oil and oil products. Fire Safety Requirements» (as amended on March 9, 2017). URL: <http://www.consultant.ru>.
2. Federal Law of July 22, 2008 № 123-FZ (as amended on December 27, 2018) «Technical Regulation on Fire Safety Requirements». URL: <http://www.consultant.ru>.
3. Federal Law of December 26, 2008. № 294-FZ (as amended on August 2, 2019). On the Protection of the Rights of Legal Entities and Individual Entrepreneurs in the Implementation of State Control (Supervision) and Municipal Control. URL: <http://www.consultant.ru> (date of treatment: 12.08.2019).
4. Decree of the Government of the Russian Federation of August 17, 2016. № 806 (as amended on March 21, 2019) «On the application of a risk-based approach to the organization of certain types of state control (supervision) and amendments to some acts of the Government of the Russian Federation». URL: <http://www.consultant.ru> (accessed December 08, 2019).
5. Decree of the Government of the Russian Federation dated 12.04.2012. № 290 (as amended on 10.09.2019) «On the Approval of the Regulation on the Federal State Fire Supervision». URL: <http://www.consultant.ru> (accessed 08.12.2019).
6. Order of the Ministry of Emergencies of Russia dated 10.07.2009. № 404 «On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities». URL: <http://www.consultant.ru> (accessed 08.12.2019).
7. Kremer N.Sh. Probability Theory and Mathematical Statistics. M.: UNITI-Dana, 2007, 551 pp.

SMS NEWSLETTERS IN THE FIELD OF PREVENTIVE FIRE FIGHTING ACTIVITY

O.M. Latyshev; A.V. Mironov; T.P. Sysoeva.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Considered SMS alerts about emergencies, which instantly became popular, because it provides the opportunity to individually report emergency information to each Russian. The analysis of informing the public about fire-fighting measures from the position of regular public information systems using SMS notification systems is analyzed. It is proposed, as one of the tasks of the supervisory authorities, to develop fire prevention messages.

Keywords: fire safety system, fire statistics, fire preparation of citizens, SMS, voice messages, auto redial

In fact, fire – a kind of extreme kind, is a powerful destabilizing factor that negatively affects regional economic stability. We believe that the concept of «fire safety» is of paramount importance. But, the question arises: «Why in the Russian Federation 6000 people died on fires every year, and now at least 60 % more?» [1, 2]. The problem of the death of Russians in fires is the main concern of EMERCOM.

In our opinion, «fire safety»:

- managed type of security;
- is a legal institution with a set of legal norms that regulate the state of protection of the sphere of wildlife, the sphere of inanimate nature and the social sphere from fires.

«Fire safety» is a social phenomenon and should be attributed to it:

- as an activity in the fire prevention field;
- as a process of phased development of methods of «fire-safe behavior»;
- as a system for achieving the required status, and its development, depending on emerging factors and conditions.

Attitude to fire safety must be investigated on a personal level, taking into account the state of psychological safety and psychological security of the individual. Investigate the level of fireproof behavior and actions (the correct use of PPE during training alarms, the formation of the correct behavior in case of emergency) [3]. The measures taken to improve the fire resistance of the objects of protection are based on the «logic of the impact», but statistics show that the number of fires is not decreasing. In fires, people die, material values are destroyed.

The basis of the modern fire-prevention educational process comes the «logic of interaction» with the participants, i.e. psychological impact is replaced by interaction with participants in the educational process.

The «logic of interaction» should be accompanied by:

- the formation of a positive attitude to the fire prevention educational process among all its participants;
- the prevalence of the dialogical orientation of the educational process between participants and the moderator;
- low level of psychological violence against participants;
- prevention of psychological threats to participants;
- organization of personal and confidential communication among participants and a moderator.

Fire Prevention Inspectors (State Fire Control Service) must be familiar with the basics of training theory, i.e. purposefully bring ideas and knowledge of fire safety of the required level and in an acceptable form to the population.

Fire inspector of State Fire control Service, in the process of fire prevention educational process uses various methods of «interaction» with the audience. The choice of the «interaction» method depends on the electorate and is aimed at creating a positive attitude towards the fire safety

of each individual. This approach corresponds to the modern period, in which unpredictable situations prevail [4]. A real approach to the search for directions of ensuring fire safety can only be a clear definition of the fire hazard, those factors and components that carry potential threats, as well as the presence of related factors, objects of the material world and causes that can cause a fire.

An important distinguishing feature of the modern period is the requirement to form innovative complexes of scientific, technical and organizational solutions for fire prevention measures.

Innovative improvement of the protection of objects of protection (individuals and property) from fires and increasing fire literacy of the population of Russia needs to be improved [4]:

Fire monitoring of the state of protection objects by means of an automatic system for transmitting notifications from objects to EMERCOM.

A comprehensive system of emergency warning of the population in terms of ensuring the delivery of fire prevention measures to Russians.

The stated objectives are related, since the transfer of information through mobile operators is used. The most important result of the development of fire monitoring and warning can be the formation of a single system [5]. This is both logical and cost effective. Stereotypes should be avoided: «instruct, hand over memos on observance of fire protection rules, involve the maximum number of personnel of the fire service and fire control service, and report to higher bosses». It is time to change the primitively straightforward preventive fire prevention measures to the intellectual and innovative activities of the State Fire Control Service of EMERCOM.

Ensuring fire safety of the object of protection begins with the identification and assessment of all kinds of risks, the use of modern technological methods for the purposeful reduction of their value to an acceptable level. Thus, the impact and fire risk management at the facility will be formed. Fire risks are reduced through the formation of a comprehensive plan, the implementation of which in the engineering, economic, social spheres will reduce the fire risk R to an acceptable level R^* , that is, ensure the fulfillment of the inequality $R < R^*$ [6].

It should be noted that the diverse use of measures, methods and methods for ensuring fire safety of any protection object (from a country, region to an enterprise, a residential building, etc.) are fire risk management tools. The inspectors of the State Fire Control Service should take the most active part in this process [7].

The Federal Law of November 21, 1994 № 69-FZ «On Fire Safety» provides for «fire propaganda» and «training the population in fire safety measures» [8, 9]. The legal framework for the implementation of fire prevention was supplemented by Federal Law of June 23, 2016 № 182-FZ «On the Basics of the System for the Prevention of Offenses in the Russian Federation». Article 6, paragraph 14, part 1 of Law № 182-FZ refers to non-provision of fire safety as one of the main areas of crime prevention [8].

To form a group on fire-fighting topics, the moderator needs to systematize all his ideas and innovative methodologies for fire propaganda, determining the specific direction in which the information resource will develop. Having decided on the direction, it is necessary to draw up a psychological portrait of the new group and develop a specific system of fire propaganda, choose original methods, methods and forms, innovative propaganda technologies that optimally meet the goals.

The introduction of innovations in the fire propaganda system is an important condition for reforming and improving the existing fire education system, which cannot be done otherwise than through the development of innovations, innovations, while the content of the fire education should be guided by the individuality of each employee or unemployed citizen, their personal successes and abilities.

Innovative technologies in the fire propaganda system are aimed at creating modern components and techniques, the main purpose of which is to modernize the fire educational process.

Modern fire-fighting educational technologies include:

- technology of project activities in the field of fire safety;
- technology research activities aimed at improving the protection of objects from fires;
- developing technologies in the field of fire-technical achievements;

- correctional technologies of fire educational processes;
- information and communication technologies;
- personality-oriented technologies;

Training on fire safety measures for citizens who are on social services is organized by the social protection authorities of the population of the subject of the Russian Federation and is conducted with the participation of social services employees.

The effectiveness of the fire educational process is largely determined by the choice of technologies for interacting with the audience and is concretized in accordance with the potential capabilities and special educational needs of students. The main goal of the moderator is to create a clear understanding of the fire-fighting process among students, to develop tactical and fire-fighting thinking and prompt response to changing circumstances, and timely decision-making. The moderator's goal settings are hindered by low activity and obvious student indifference. In this situation, various interactive forms of learning can help. In addition, moderators need to:

- fully master the analysis methodology and fire hazard assessment of taught production processes;
- more often carry out a comparative analysis of the fire hazard of various non-standard industrial and domestic situations;
- widely apply active teaching methods in the firefighting educational process: a method for analyzing problems and fire hazard situations, a method for increasing brain activity, a method for discussing and resolving controversial issues, a method for students to independently evaluate and discuss decisions and other teaching methods;
- form for themselves individual assessments of each student: his level of basic fire knowledge and even psychological perception and his compatibility with colleagues, etc.

At the state level, the All-Russian Integrated Public Notification and Warning System is involved in fire propaganda (ARIPNWS). This is a modern approach using cellular communications, radial-zone communication systems, satellite telephones, packet radio communications, and digital data transmission systems. In addition, at the regional level, modern fire-fighting propaganda technologies are used with the help of street LED panels, plasma screens inside the objects of protection, creeping line on transport, radio and TV messages. Thus, street fire propaganda is provided in various protection facilities with a mass stay of people, in railway transport, buses, river and sea transport. Radio and TV with constant regularity brings to the population audio and video information, creates information content and animations of fire-fighting content. Of particular interest to the population are laser shows, both at objects of protection and at crowded places. Along with ARIPNWS, lighting laser fire-fighting propaganda of the population increases the effectiveness of events.

Individual information and notification of residents is carried out using modern mobile communication capabilities. In the modern period, mobile subscribers widely use the capabilities of SMS, MMS, WAP, and EMERCOM as an innovative distribution of fire propaganda among mobile communication subscribers, including the launch of new campaigns, the provision of new events and even holiday greetings. SMS Short Message Service is a technology that allows you to receive and send short text notifications. You can send a notification to the subscriber who is currently engaged in a conversation, since the message does not go through the main talk channel, but through the service signal channels.

The spread of modern mobile communications to all regions of Russia, the availability of information transfer via SMS - mailings, has made it possible to carry out fire monitoring [9] of objects of protection and the implementation of fire-fighting measures. There is no doubt that SMS-mailing efficiently, quickly and guaranteedly informs cellular subscribers of the required information. Modern SMS-mailing services are easy to learn, have a clear interface and make it possible to send messages on behalf of EMERCOM of Russia. SMS-mailing services reduce the time for sending fire-fighting events. This is the main plus. In addition, the telephone base is loaded and one short fire event is introduced, which is sent to all subscribers. SMS-mailing services take into account the time zones of subscribers and ensure the planned sending of short fire-fighting events, including potentially interested subscribers.

SMS mailing is perfect for mass fire events. Despite the intrusiveness of SMS mailings, mobile operators have no right to disable them, as this is a legal requirement. The content of SMS emails from EMERCOM may change daily. However, in practice, alerts via SMS mailings from EMERCOM boil down to an endless repetition of phrases such as: «We don't need a fire!», «Do not make fires in the wrong places», «Do not burn grass», «Do not allow forest fires» and so on.

SMS mailings from EMERCOM should be in a short, systematic form telling about the rules of the fire regime of a house, enterprise (organization, institution) in the context of mandatory fire safety requirements (subject to changes in legislation). EMERCOM SMS messages will be useful to all subscribers of mobile operators.

As part of our study, we believe that social networks should be used no less effectively:

- professional social networks that were created for job seekers and employers, a recommendation system, reputation and transparency of career experience in action, such as linkedin.com, moikrug.ru, pro2.ru;
- blogging networks: Livejournal.com, liveinternet.ru, blogspot.com;
- dating sites, namely: mambo.ru and loveplanet.ru;
- sites for searching people who studied in the same class, school or university are facebook, vkontakte, odnoklassniki [9].

We outline the basic principles of information management of fire propaganda in social networks:

- a combination of different forms of conducting fire propaganda;
- broadcasting an informational message about fire fighting at each visit to a social network;
- a variety of animations, colors, characters, etc .;
- emotional-value filling of pages in a social network;
- using a format of simple useful tips for every day on fire safety issues;
- seasonality (change in content depending on the fire hazard of the season);
- the availability of the possibility of placing fire-prevention advertising (including commercial).

Currently, social networks very often carefully interact with traditional media, while distributing ready-made content. At the same time, social networks can play the role of a news agency, providing the media with information on the basis of which news material is collected and analyzed. Such a powerful media tool has its own specifics and can be used to publish materials containing fire-fighting propaganda.

Modern computer technology allows the widespread use of fire propaganda on the Internet. Given the importance of information exchange on the Internet for the younger generation, we emphasize the need for the systematic development (improvement) of methods of conducting fire propaganda using computer technology

The scope of fire information should be dynamic, constantly improve forms and methods, use innovative tools.

At EMERCOM, various fire prevention information methodologies and the variety of tools, methods and techniques used are formed. But, the effectiveness of fire prevention measures does not yet meet modern requirements. Most of the measures are aimed at developing systems that respond to fire and evacuating from a burning protection facility.

In our opinion, the main drawback is the underestimation of the role and importance of fire-prevention information for the population in the general system of protecting objects from fires, the lack of a systematic approach to organizing propaganda, and insufficient funding for this activity. Innovative ideas in the field of fire safety do not find technical implementation, and sometimes there is a complete disregard for safety systems from the so-called «human factor». Fire-prevention information should encourage the population not only to cautiously, but also to handle fire competently, to prevent fires, and in case of sunbathing, to prevent the spread of fire to surrounding buildings.

Achieving the expected result from the propaganda impact can be achieved if the moderator succeeds:

- interest the audience;

- state fire propaganda so that it is fully perceived and understood by the audience;
- feel clear sympathy for the material presented [10].

The main feature of fire information is that the main participant becomes an individual or group of individuals. This approach is fundamental in the organization of this preventive work:

- individual-personal approach;
- interpersonal communication;
- widespread involvement of the masses in ongoing events;
- emotional-value filling of the program of flash events;
- demand for creative work of fire animators;
- stage and improvisation;
- game content of events with fire information.

The main directions that should be reflected in the plans for fire propaganda:

- the formation of an audience of cognitive interest in ensuring fire safety, the creation of a bright, original, emotionally filled content;
- use of the results of scientific research in the field of information technology, pedagogy, psychology, philology, philosophy on the use of forms of fire information;
- education of a value attitude to ensuring fire safety;
- the use of entertainment to conduct unobtrusive fire information;
- educational preventive work with schoolchildren and students;
- popularization of the activities of fire groups.

To increase the effectiveness of fire-prevention information, it is advisable to regularly update the plans for this work. When updating old and creating new plans, you must consider:

- the availability of a statement of fire protection measures for the relevant group;
- the presence of an emotional component;
- interpersonal communication and interaction between the moderator and the audience, so within groups;
- the possibility of modifying and compiling various variations of fire reporting. The next important aspect of fire prevention that needs to be considered is the organization of games. The game, which finds many areas of application for itself, cannot but be used in the implementation of fire propaganda. The game in the framework of fire propaganda can be used to teach the population:
 - plunging into the gaming world and gaming relationships, to convince yourself and other people of the need to comply with fire safety measures;
 - being free in the playing space, be aware of not only your own characteristics, but also be able to build relationships with people around you in terms of performing fire-fighting measures;
 - comprehend the gaming experience, using the game as a tool for self-knowledge in the field of fire safety.

Improving fire-prevention information by improving ways to increase the level of emotional interest of the population in studying the basics of fire knowledge, we will use the most important reserve for reducing the number of fires and dangerous consequences from them. This painstaking, intense, constant work is the basis of fire safety for future generations. A radical change in the approaches to fire reporting in social networks, a revision of priorities towards attracting representatives of voluntary fire protection to this type of activity are some of the main tasks for the near future.

References

1. Fires and fire safety. Annual statistical compilations. M.: VNIPO EMERCOM of the Russian Federation.
2. Fires and fire safety in 2018: a statistical compilation. Edited by D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2019, 125 p.: ill. 42.
3. Hovsepyan, G.M. Fire safety as a subject of legal regulation and an object of scientific knowledge // Lawyer-Lawyer. Rostov-on-Don: Publishing house Rost. legal in-that of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2014. №. 4. P. 112–115.

4. Rabotkina O.E., Zaitsev A.N. Patriotic education of youth is one of the tasks of forming the personality of a citizen and patriot of Russia // Fire Safety: Problems and Prospects: Sat. articles on mater. VI All-Russian. scientific-practical conf. from Intern. student Voronezh: VI GPS of the Ministry of Emergencies of Russia, 2015. Part 2. P. 186–190.

5. Brushlinsky N.N., Ivanova O.V., Klepko E.A., Sokolov S.V., Popkov S.Yu. Fire risks. Tutorial. M., 2016. S. 9.

6. Makarkin S.V., Ivanov V.S. State fire supervision during the period of change in the socio-political and economic system of Russia // Fire and explosion safety. Scientific and technical journal № 6, Volume 20. 2011. M.: LLC Pozhnauka Publishing House, 2011. P. 2–7.

7. Zhukov V.V. The new meaning of fire safety // Fire and explosion safety. Scientific and technical journal. 2011. T. 20. № 12. P. 4–10.

8. Smirnova T.N., Matyushin A.V. Legal aspects of fire propaganda and training the population on fire safety measures. Fire safety. 2011, № 3. P. 107–111.

9. Rulienne L.N. Educational opportunities of social networks. Distance and virtual learning. 2010. № 5. P. 43–46.

10. Lazarev A.A., Konovalenko E.P. The use of self-produced beliefs for conducting fire propaganda. In the collection: Psychological problems of education and upbringing in modern Russia, materials of the IV conference of educational psychologists in Siberia. It is published by decision of the academic council of the faculty of psychology at ISU. 2016. P. 375–377.

ENSURE FIRE SAFETY OBJECTS OF CULTURAL HERITAGE BY MEANS OF FIRE PREVENTION PROPAGANDA AND TRAINING

A.V. Fomin; V.B. Magomedov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The analysis of legal and organizational and technical aspects of the fire safety system of cultural heritage objects is given. Measures of propaganda are considered. And educational influence as an effective means of forming fire-safe behavior in employees and visitors of cultural heritage sites, introducing the existence of the problem of fires into people's minds, and readiness to act correctly in case of danger. A conceptual approach to ensuring fire safety of cultural heritage objects through the prism of the historiography of the cultural space is proposed to increase the level of protection of the population, material and cultural values. It is shown that accessing the knowledge system in the field of fire safety of cultural heritage objects, it is the most important in the preservation of architectural complexes-cultural heritage objects, it forms an integral, three-dimensional and a multi-faceted understanding of the problems and prospects for the development of this branch of knowledge.

Keywords: fire safety system, cultural heritage sites, fire promotion, training, fire statistics

The historical method of studying the three-century period of protecting the cultural heritage of Russia made it possible to comprehend the processes of the institutional dynamics of the organization of fire protection in Russia: the formation of protective legislation, the creation of a state security system, the development of basic methodological principles for the protection of Windows. The key concept in the historiography of this topic is the concept of «preservation of cultural heritage» [1]. The danger level of the tragic loss of life and loss of property in case of fire depends largely on historical periods, national and geographical (regional) features of the society, economic or educational levels of the population, equipment and production technologies. World statistics annually reports more than three million fires in which more than 20 thousand people die. About 50 % of fires occur in buildings and vehicles, and they account for 90 % of all victims. In terms of world indicators, Russia occupies the «leading» places, and the deaths in fires in absolute terms per one million people and one thousand fires have long overtaken many developed countries of the world. Quantitative data on the number of casualties resulting from fires are comparable to the total losses from crime of all other types, and the material damage from fires

is thousands of times greater than the property damage caused by all other crimes [1]. Of course, fire is not an absolute evil. Sometimes, indomitable flame usually brings trouble to those who neglect fire safety requirements.

In modern Russia, ensuring the necessary fire safety requirements is the subject of activity of all public-territorial entities of the Russian Federation, constituent entities of the Russian Federation, and local government bodies [2].

The story of the fire in Notre Dame de Paris touched the whole world, because a fire damaged an architectural masterpiece over 900 years old. The situation again stirred up the question: how are things going with the organization of fire safety of cultural heritage sites in Russia? This situation is relevant for Saratov, where there are ancient buildings recognized as objects of cultural heritage. Objects of cultural heritage (historical and cultural monuments) are of unique value to the entire multinational people of the Russian Federation and are an integral part of the world cultural heritage [3]. The key concept of this topic is the understanding that the specificity of cultural heritage is impossible without understanding the phenomenon of culture and cultural memory.

Cultural heritage sites are visited by tourists in large numbers, therefore, the priority is the safety of people in case of fire, and these issues should be considered in detail from the point of view of ensuring fire safety during operation. We should especially keep in mind cultural objects (art galleries, museums, religious buildings, residential and non-residential ancient buildings protected by the state), which are distinguished by varying degrees of fire resistance, a class of constructive fire hazard, a class of functional fire hazard, various space-planning solutions, as well as materials and designs. Therefore, the preservation of cultural heritage objects (historical and cultural monuments) of the peoples of Russia from various types of dangers is carried out in the interests of the present and future generations of the multinational people of the Russian Federation.

State protection of cultural heritage is one of the priority tasks of state authorities of the Russian Federation, state authorities of the constituent entities of the Russian Federation and local governments.

Ensuring fire safety of cultural heritage sites is also one of the most important functions of the state.

In order to protect the life and health of citizens, the safety of cultural heritage sites from fires, technical regulation measures should be implemented in the field of fire safety, establishing general fire safety requirements for buildings and structures of cultural heritage sites [4]. A fire safety system is being created at each cultural heritage site, the purpose of which is to prevent fire, ensure the safety of people and protect property in case of fire [5, 6]. The fire safety system of a cultural heritage site should be provided by fire prevention systems, fire protection systems, including organizational and technical measures.

The fire prevention system is a set of organizational measures and technical means that exclude the possibility of a fire at the cultural heritage site.

Fire protection system – a set of organizational measures and technical means aimed at protecting people and property from the effects of dangerous fire factors and (or) limiting the consequences of exposure to dangerous fire factors at a cultural heritage site.

Figure shows the structural diagram of the fire safety system of a cultural heritage site.

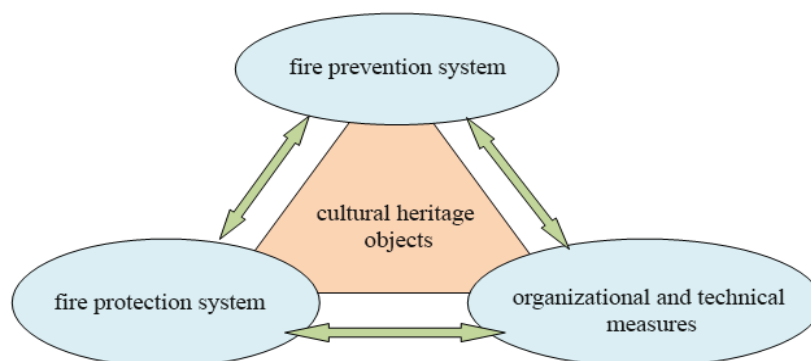


Fig. Fire safety system cultural heritage site

Organizational and technical measures to ensure the fire safety of cultural heritage sites include [7]:

- organization of fire protection, organization of departmental fire safety services;
- public involvement in ensuring fire safety;
- the organization of training for workers in fire safety measures at work, and for the population in the manner established by the regulatory documents on fire safety of the respective objects of residence of people;
- development and implementation of fire safety norms and rules, instructions on the procedure for handling fire hazardous substances and materials, on compliance with the fire regime and the actions of people in case of fire;
- production and use of visual agitation tools to ensure fire safety;
- rationing the number of people at the cultural heritage site according to their safety in case of fire;
- development of measures for the actions of the administration, workers, employees and the population in case of fire and the organization of evacuation of people;
- main types, quantity, placement and maintenance of fire equipment.

The fire safety system of a cultural heritage object must necessarily contain a set of measures that exclude the possibility of exceeding the permissible fire risk values and aimed at preventing the danger of harm to third parties as a result of a fire [6].

The complex multi-level nature of the fire safety system of cultural heritage sites contains legislatively established organizational measures and technical means [8]:

- providing deeply humane goals (minimization of fire safety, threats from fire, preservation of cultural heritage and historical values);
- performing vital for society, its stable reproduction functions.

Attention should be paid to the formation of cultural heritage sites among employees and visitors:

- fire safety culture;
- specific value attitudes in their minds;
- fire self-organization;
- social fire behavior.

The fire safety of cultural heritage sites depends on the level of fire self-organization and the social behavior of visitors.

Fire safety systems for cultural heritage sites consist of the necessary funds aimed at fire safety [9].

Fire propaganda is a means of informing the public about ways to ensure fire safety, carried out through the media, through the publication and distribution of specialized literature and advertising products, themed exhibitions, shows, conferences and the use of other forms of informing the population that are not prohibited by the legislation of the Russian Federation. Fire propaganda is carried out by state authorities, the federal executive body authorized to solve problems in the field of fire safety (EMERCOM of Russia), local authorities and organizations [3].

Training in fire safety measures is an organized process for the formation of knowledge, skills of citizens in the field of ensuring fire safety in the system of general, professional and additional education, in the process of labor and official activities, as well as in everyday life [10].

Training in fire safety measures for persons engaged in labor or official activities at cultural heritage sites is carried out according to fire safety training programs and (or) fire technical minimum.

The procedure, types, terms of training for persons engaged in labor or official activities at cultural heritage sites, fire safety measures, as well as the requirements for the content of continuing education programs (fire-technical minimum programs), the procedure for their approval and approval are determined by EMERCOM of Russia [11].

Depending on the type of program being implemented, training in fire safety measures for people engaged in labor or official activities at cultural heritage sites is carried out directly at the place of work and (or) in organizations engaged in educational activities.

Leaders of cultural heritage sites are required to conduct fire propaganda, to train their employees in fire safety measures [8, article 37; eleven]. An important distinguishing feature of the modern period was the increase in the regional level with the allocation of diverse processes for the preparation and conduct of fire safety and firefighting. However, in the regions there is a claim by the state fire supervision authorities of EMERCOM of Russia to cultural heritage sites. The issue of preserving cultural heritage objects from fires becomes not only «relevant, but also extremely necessary» [11].

Most often it is the person to blame for the fire, i.e. those responsible for the fires have a reduced social responsibility to society, to history. The interests of Russians should initially include «historical patriotism towards cultural heritage» [1].

There is no doubt that the more Russians are embraced by this feeling, the more clearly, they manifest their social roles in relation to the vital activity of cultural heritage objects. At the same time, it is enough to show a feeling on an emotional level and associate yourself with a full member of the cultural and historical regional society.

Thus, the «historical patriotism towards cultural heritage» among the Russians lies in the dialectical unity of the interests of the individual and cultural society.

Based on the foregoing, it is proposed to investigate the hypothesis of promoting the fire safety system through the prism of the social and personal aspects of fire safety of cultural heritage sites.

Fire safety of cultural heritage objects is considered, first of all, as «a form of existence and preservation of cultural heritage objects in the minds of residents and guests», «fire safety of cultural heritage objects displayed by consciousness», «existence of cultural heritage objects in the minds of its employees and residents». It is a sociological view of the fire safety system that allows us to investigate the functioning and preservation of cultural heritage objects through the prism of social groups and applied aspects of social life.

This formulation of the study allows us to narrowly determinism, and focus on psychological determinism. Psychological determinism is based on the human environment, including the historical and cultural setting of cultural heritage sites, under the influence of which the development and formation of the personality of visitors takes place. It is in this environment that a form of existence and preservation of cultural heritage objects is created in the minds of residents and guests.

This approach has a distinctive feature in that people can spend their spiritual strengths not only on adaptation to the environment, but also on opposition. These determinants generate and form the level of historical and cultural being, the level of development of visitors [12, P. 113].

The understanding of the significance of cultural heritage and the fact that the destruction of its objects is an irrevocable loss for civilization has contributed in recent decades to the revitalization of the UN and UNESCO in the development of international legal instruments aimed at protecting the World Cultural and Natural Heritage [13].

The «fire safety of cultural heritage objects displayed by consciousness» and «the existence of cultural heritage objects in their minds» are formed among visitors. The study of an individual among objects of cultural heritage made it possible to identify the stages of development of society and the individual, to develop concepts that explain the logical relationships between fire safety and the causes of fires.

The proposed non-traditional way to explore the familiar, well-established fire safety problems through the functions of a social life-support system opens up new realities and forces us to consider the fire safety system of cultural heritage objects from a new perspective and expand the boundaries in its analysis [13].

A study of the fire safety of cultural heritage sites as a function of the social historical-cultural system allows a deeper understanding of its role and conservation prospects for posterity. With the help of social events, visitors to cultural heritage sites will form the necessary free orientation in the rules and mechanisms of the fire safety system.

The implementation of the proposed conceptual approach to the preservation of cultural heritage from fires through the prism of the historiography of cultural space should be an increase in the level of protection of the population, material and cultural values.

The importance of the cultural heritage of mankind for current and subsequent generations is difficult to overestimate. The main reasons why the cultural heritage requires international legal protection can be highlighted. First of all, objects can provide unique scientific information (historical, archaeological, ethnographic, technical, etc.); In addition, the facilities offer promising opportunities for educational, social, economic and tourism programs.

Recently, cultural destruction has been threatened by increasing destruction caused by various causes. The evolution of the social, political, economic and religious life of mankind negatively affects the safety of its objects. To preserve objects and transfer them to future generations, a set of effective legal measures, including those of an international character, is required [14]. In the Russian Federation with its centuries-old history, numerous cultural heritage sites have been preserved. The transition from the concept of «historical monuments» to the concept of «objects of cultural heritage» is due to positive changes in approaches to historical and cultural heritage in Russia in the 21st century.

No less significant in the framework of the study is a generalization of many ways to preserve cultural heritage sites. Despite similar methods, in different countries they solve this problem differently. “The main tendency in preserving cultural heritage objects is to attract funds from private or legal entities, since the usual creation of museum complexes, most often, does not cover the costs of restoration and reconstruction. If earlier the protection of cultural and historical heritage was reduced to the protection of individual outstanding material monuments, then new approaches to the definition of the concept of cultural and historical heritage and its protection involve:

- the transition from the protection of individual objects to the protection of urban landscapes, including both outstanding heritage monuments and ordinary buildings, as well as natural landscapes, historical paths;
- the transition from the protection of only outstanding monuments to the protection of historical buildings, reflecting the lifestyle of ordinary citizens;
- the transition from the protection of only ancient monuments to the protection of monuments of the 20th century;
- the active participation of society, especially local residents, in preserving the cultural heritage and its integration into the social and economic life of the city («vitalization»);
- integration of heritage into the daily life of the city and its transformation into an integral and indispensable element» [14].

References

1. Fires and Fire Safety in 2018: Statistical Digest. Edited by D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2019. 125 p.: ill. 42.
2. Fire regulations in the Russian Federation, approved by Decree of the Government of the Russian Federation of April 25, 2012 № 390. ConsultantPlus: Internet version -2019.
3. Federal law of 06.25.2002 № 73-ФЗ (as amended on 07/18/2019) «On objects of cultural heritage (historical and cultural monuments) of the peoples of the Russian Federation»: [Electronic resource] // Consultant Plus URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78_699. Online Version -2019.
4. Federal Law of July 22, 2008 № 123-ФЗ «Technical Regulation on Fire Safety Requirements» (as amended on 12/27/2018).ConsultantPlus. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78_699/. Online Version -2019.
5. GOST 12.1.004-91. Interstate standard. Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements (approved by Decree of the USSR State Standard of 06/14/1991 № 875) (as amended on 10/01/1993).
6. Zhukov V.V. The new meaning of fire safety / V.V. Zhukov // Fire and explosion safety. Scientific and technical journal. 2011. T. 20. № 12. P. 4–10.
7. CFPA-E-30-2013 Managing Fire Protection in Historic Buildings - Fire Safety of Historic Buildings. Online Version -2019.
8. Federal Law of December 21, 1994 № 69-FZ «On Fire Safety».

9. 2015 NFPA 914 Code for Fire Protection of Historic Structures – Fire Safety Code for Historic Buildings.
10. 2013 NFPA 909: Code for the Protection of Cultural Resource Properties -Museums, Libraries, and Places of Worship – Code of Practice for the Protection of Cultural Heritage Sites - Museums, libraries, places of worship.
11. Decree of the President of the Russian Federation dated 01.01.2018 No. 2 «On approval of the Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of fire safety for the period up to 2030». ConsultantPlus. URL: [http://www.consultant.ru/document / cons_doc_LAW_28 6888 /](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286888/). Online Version -2019.
12. Hovsepyan, G. M. Fire safety as a subject of legal regulation and an object of scientific knowledge / G. M. Hovsepyan // Lawyer-Lawyer. - Rostov-on-Don: Publishing house Rost. legal Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2014. № 4. P. 112–115.
13. The official website of UNESCO. URL: <http://en.unesco.org/> (02/08/2020).
14. Prasadkov V.I., Eremina T.Yu., Bogdanov A.V., Sushkova O.V., Tikhonova N.V. The required level of fire safety of museums – objects of cultural heritage. Fire and explosion safety. 2018; 27 (4): 42–49. URL: <https://doi.org/10.18322/>.
-
-

FIRE SAFETY OF TRANSPORT AND INFRASTRUCTURE

ENGINEERING METHODS FOR EVALUATING THE FIRE RESISTANCE OF BUILDING STRUCTURES.

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

E.V. Polevshikova.

Main Directorate of EMERCOM of Russia for the Republic of Mari El

A design scheme is presented that allows one to evaluate the effect of various temperature conditions during a fire on the fire resistance of building structures and to calculate the temperature field parameters in them for various fire-retardant coating parameters, as well as a graphical method for assessing the fire resistance of building envelopes based on the heating of an unheated surface to a standard temperature.

Keywords: fire resistance, fire protection, non-stationary thermal conductivity, temperature regime, heat transfer coefficient

For building structures, as well as buildings or structures, an important factor is fire resistance, i.e., the ability of building structures to maintain their working functions under the influence of high fire temperatures. The fire resistance of building structures is characterized by a fire resistance limit. By the limit of fire resistance (by the sign of heating of the structure) is understood the time after which the structure loses its bearing or enclosing ability. Loss of enclosing ability means heating the structure during a fire to temperatures on an unheated surface by more than 140 °C on average or by 180 °C at any point compared to the temperature before the fire or cracks in the structure.

The fire safety condition for building structures will be satisfied if:

$$\dot{I}_{\partial} \geq \dot{I}_{\partial D}$$

Here P_{tr} is the required fire resistance limit, which is established by the norms for the main parts of buildings and structures; P_f – the actual fire resistance of structures, determined by calculation.

On the basis of the heating of the structure, the fire resistance limit is found by thermotechnical calculation. In this case, the temperature change is determined over the cross section of the structure during its heating according to the standard temperature regime. In this case, the temperature change of the building structure:

$$t_f = 345Lg(8\tau + 1) + t_0$$

The thermotechnical calculation of structures is carried out on the basis of the Fourier heat equation, which characterizes the change in temperature in a solid in time and space.

For one-dimensional bodies and in the absence of internal sources of heat, the differential heat equation can be represented in the general form:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\Phi}{x} \frac{\partial t}{\partial x} \right), \quad (1)$$

where x – the coordinate of the body, which may be the radius of the cylinder or ball; Φ – constant number equal:

– for the plate $\Phi = 0$ ($x = x$), therefore (1) takes the form:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2};$$

– for the cylinder $\Phi = 1$ ($x = r$) and then:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right);$$

In this equation, a is the thermal diffusivity.

This equation makes it possible to solve problems associated with the distribution of heat in the body by thermal conductivity both in the case of steady (stationary) and unsteady (non-stationary) heat flux. When solving specific problems, the differential equation is supplemented by the initial and boundary conditions that characterize each specific problem.

The differential heat equation (1) together with the boundary conditions (initial and boundary conditions) gives a complete mathematical description of a specific heat conduction problem. The solution to this problem can be performed both analytically and numerically.

An analytical solution to such problems is possible only for bodies of simple shape (flat wall, cylinder), provided that the boundary conditions and the thermophysical properties of the material from which the research object is made are constant over time. Moreover, the analytical solution of even such problems is very difficult due to the cumbersomeness of mathematical operations and has the following form:

– for a flat wall:

$$t = bx + c + \sum_{n=1}^{\infty} A_n (\cos m_n x + p_n \sin m_n x) e^{-am_n^2 \tau};$$

– for a cylindrical wall:

$$t = b \ln r + c + \sum_{n=0}^{\infty} A_n [(J_0(m_n r) + p_n Y_0(m_n r))] e^{-am_n^2 \tau},$$

where J_0 and Y_0 are the first and second order Bessel functions.

The constants b and c are determined from the conditions of the stationary regime (at $\tau = \infty$); p_n and m_n – from the boundary conditions, and A_n – from the initial conditions (for $\tau = 0$).

Thus, this option for solving problems in calculating the actual fire resistance limits is difficult and unsuitable for practical use. In this regard, the researchers came to the conclusion that it is possible to separately examine typical problems and find a solution for each of them. As a result, the calculation formulas and the calculation itself is greatly simplified.

So, in the Methodological recommendations for calculating the fire resistance and fire safety of reinforced concrete structures MDS 21-2.2000, simplified solutions are applied to the standard temperature regime of fire for calculating the actual fire resistance limits of reinforced concrete structures [1]:

– with one-sided heating

$$t(x, \tau) = 20 + 1200 \cdot (1 - r_i)^2,$$

– in circular constructions heated around the entire perimeter

$$t(x, \tau) = 20 + 1200 \cdot \frac{\sqrt{\frac{b}{b - x_i}}}{(1 - r_i)^2}.$$

Where $r_i = x^*/l$ – relative distance, where l – the thickness of the heating layer of concrete, calculated by the formula:

$$l = \sqrt{12 \cdot a_{i\vartheta} \cdot \tau};$$

x^* – conditional thickness of the considered concrete layer, which is determined as follows:

– when determining the temperature of heating concrete:

$$x^* = x_i + \phi_1 \sqrt{a_{i\vartheta}};$$

– when determining the temperature of heating the fittings

$$x^* = Y_1 + \phi_1 \sqrt{a_{i\vartheta}} + \phi_2 \cdot d;$$

In these formulas: x_i is the distance from the concrete cross-sectional point under consideration to the i heated surface, m; Y_i is the distance from the i heated surface to the axis of the reinforcement, m; ϕ_1 and ϕ_2 are coefficients depending on the density of concrete [2]; d – diameter of reinforcement, m

In these formulas, the given coefficient of thermal diffusivity a [m² / h] is determined as follows:

$$a_{i\vartheta} = \frac{\lambda}{(c + 50 \cdot w) \cdot \rho}.$$

Here, λ and c are the thermal conductivity and specific heat coefficients of concrete, depending on temperature, calculated for a temperature of 450 °C, ρ and w are the density and weight humidity of concrete, kg / kg, respectively.

As is known, the temperature regime of a fire has a direct effect on the fire resistance of building structures; therefore, calculations based on the temperature regime of a fire close to real are considered more preferable, since a change in the temperature of a fire in reality, as can be seen from Fig. 1, can significantly differ from the mode described by the standard temperature curve [3].

Moreover, to increase the fire safety limit of building structures, it is often assumed to use various fire protection means – concreting, plastering, bricking, lining the fire protection object with standard materials, applying fire-retardant coatings directly to the surface of the object (painting, coating, spraying, etc.), etc.

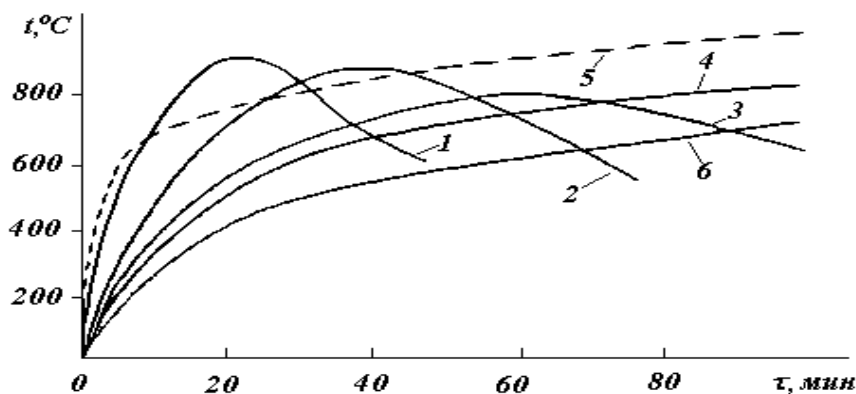


Fig. 1. The temperature change of the internal fire

(1–5 – temperature conditions of fires in the premises of buildings and structures for various purposes; 6 – standard curve)

Thus, when setting the task for assessing the fire resistance of building structures, it is necessary to set the thermophysical properties of the materials of which the fence is made and temperature-dependent, as well as a description of the temperature of the heating medium, a functional dependence on time, etc.

Most simply, this problem is solved by the finite difference method. The essence of this method is to replace the differential equation with a finite-difference equation – differentials are replaced by finite increments. The thickness of the floor slab is divided into n layers of the same thickness Δx . The calculated time interval $\Delta \tau$ is determined in the same way.

Thus, the region of continuous temperature change is replaced by the region of its discrete change. The temperature is found at any time in any layer based on already known temperatures at the previous calculated time, i.e. successively solving an equation with one unknown – the desired temperature value.

The methodology for calculating the layered temperature distribution is given below.

The temperature distribution over the thickness of the enclosure for the next time step τ_j can be calculated using the following formulas:

$$t_{i,j} = Fo_i \cdot \left[t_{i-1,j} + t_{i+1,j} + t_{i,j} \cdot \left(\frac{1}{Fo_i} - 2 \right) \right]. \quad (2)$$

In order to find the temperature values on the outer and inner surfaces of the wall at the j moment in time, it is necessary to use the boundary conditions.

Under boundary conditions of the third kind:

$$\frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{\alpha_1}{\lambda} (t_{f1} - t_0), \quad (3)$$

and
$$\frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = \frac{\alpha_2}{\lambda} (t_{f2} - t_\delta), \quad (4)$$

the temperatures of the inner t_0 and outer surfaces t_δ of the wall are determined from the corresponding equations of thermal balances for the boundary layers of the wall:

$$c(t) \cdot \rho \cdot s \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha_1 \cdot (t_{f1} - t_0) + \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x}, \quad (5)$$

$$c(t) \cdot \rho \cdot s \cdot \frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha_2 \cdot (t_{f2} - t_\delta) + \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x}, \quad (6)$$

where $c(t)$ u ρ – specific heat and density of the wall material; s is the thickness of the boundary layers is taken equal

$$s = \frac{\Delta x}{2}.$$

In a fire, when the heating medium is combustion products, the heat transfer coefficient α_1 is approximately calculated by the equation:

$$\alpha_1 = 11,63 e^{0,0023 t_{f1}}.$$

The heat transfer coefficient from the side of cooling by the environment of the unheated surface α_2 is determined as follows:

$$\alpha_2 = \alpha_k + \alpha_\varrho,$$

where α_k – heat transfer coefficient taking into account heat distribution by convective heat transfer, and α_ϱ – propagation due to radiation (radiant heat transfer). If the enclosing surface is at a temperature $t_\delta > 60$ °C air cooled $t_{f2} \approx 20$ °C, then approximately the heat transfer coefficient is calculated by the formula

$$\alpha_2 = 11,63 e^{0,0023 t_{f2}},$$

if $t_{\delta} < 60^{\circ}\text{C}$, calculated by the formula:

$$\alpha_2 = 4.07 \cdot \sqrt[3]{t_{\delta} - t_{f2}}.$$

Based on these equations (5) and (6), balance finite-difference equations are compiled:

$$\frac{t_{0,j} - t_{0,j-1}}{\Delta \tau} = \frac{2\alpha_1}{c(\bar{t}) \cdot \rho \cdot \Delta x} (t_{f1} - t_{0,j}) + \frac{2a(\bar{t})}{\Delta x^2} (t_{2,j} - t_{0,j}), \quad (7)$$

$$\frac{t_{n,j} - t_{n,j-1}}{\Delta \tau} = \frac{2\alpha_2}{c(\bar{t}) \rho \Delta x} (t_{f2} - t_{n,j}) + \frac{2a(\bar{t})}{\Delta x^2} (t_{n-1,j} - t_{n,j}), \quad (8)$$

The solution of equations (2)–(8) makes it possible to determine the desired temperatures at the walls:

Temperature on the heated surface:

$$t_{0,j} = \frac{t_{1,j-1} + Bi_i \cdot t_{f1} + t_{0,j-1} \cdot \frac{1}{2 \cdot Fo_i}}{1 + Bi_i + \frac{1}{2 \cdot Fo_i}}.$$

Here

$$Fo_i = \frac{a(\bar{t}) \cdot \Delta \tau}{\Delta x^2},$$

$$Bi_i = \frac{\alpha_1 \cdot \Delta x}{\lambda(\bar{t})},$$

where $\Delta \tau$ – estimated interval, c ; Δx – calculation layer thickness, m .

All the above thermophysical properties of the building material are calculated by the average temperature:

$$\bar{t} = \frac{t_{i,j} + t_{i+1,j}}{2}.$$

The temperature on the unheated surface is determined by the equation:

$$t_{n,j} = t_{n-1,j} - \frac{\Delta x}{\lambda(\bar{t})} \cdot \alpha_2 \cdot \left(\frac{t_{n-1,j} - t_{f2}}{2} \right),$$

When calculating the temperature field of the wall, consisting of several layers of dissimilar materials, each of the layers is divided into elementary layers of the same thickness Δx . For each heterogeneous wall, the corresponding value of the time interval is determined from the condition

$$\frac{1}{\frac{a}{\Delta x^2} + \frac{\alpha_i}{c\rho\Delta x}} \leq 0.5.$$

For the calculation, one value $\Delta \tau$ is accepted equal to or less than the smallest of the obtained values. The temperature at the interface between two dissimilar layers can be found by the formula, which is obtained by solving the heat balance equation for layer m .

$$t_{m,j} = t_{m,j-1} + \frac{2 \cdot \Delta \tau}{\Delta x^2 \cdot [c_1(\bar{t}) \cdot \rho_1 + c_2(\bar{t}) \cdot \rho_2]} \cdot [\lambda_1(\bar{t}_m) \cdot t_{m-1,j-1} + \lambda_2(\bar{t}_{m+1}) \cdot t_{m+1,j-1} - 2 \cdot \lambda_1(\bar{t}_m) \cdot t_{m,j-1}]$$

Here, the thermophysical properties of each layer $[c_1(\bar{t}_m), c_2(\bar{t}_m), \lambda_1(\bar{t}_m), \lambda_2(\bar{t}_{m+1})]$ are determined depending on the average temperature of the corresponding layer, and the indices «1» and «2» indicate their belonging to the corresponding heterogeneous.

In the equations, the Fourier criterion for the corresponding layer at j – the time instant is determined by the equation:

$$Fo_i = \frac{4 \cdot \Delta \tau_j \cdot \lambda_i(t)}{c_i(t) \cdot \rho \cdot \Delta x^2},$$

In the equations, the values of the thermal conductivity coefficient $\lambda(t)$ and specific heat capacity $c(t)$ depend on the average heating temperature of the corresponding layer.

The use of this difference scheme made it possible to calculate the parameters of the temperature field in the cross section of the enclosing structures made of different building materials during a fire in rooms with different combustible loads, as well as similar calculations of the temperature field in the cross section of fencing with a fireproof coating.

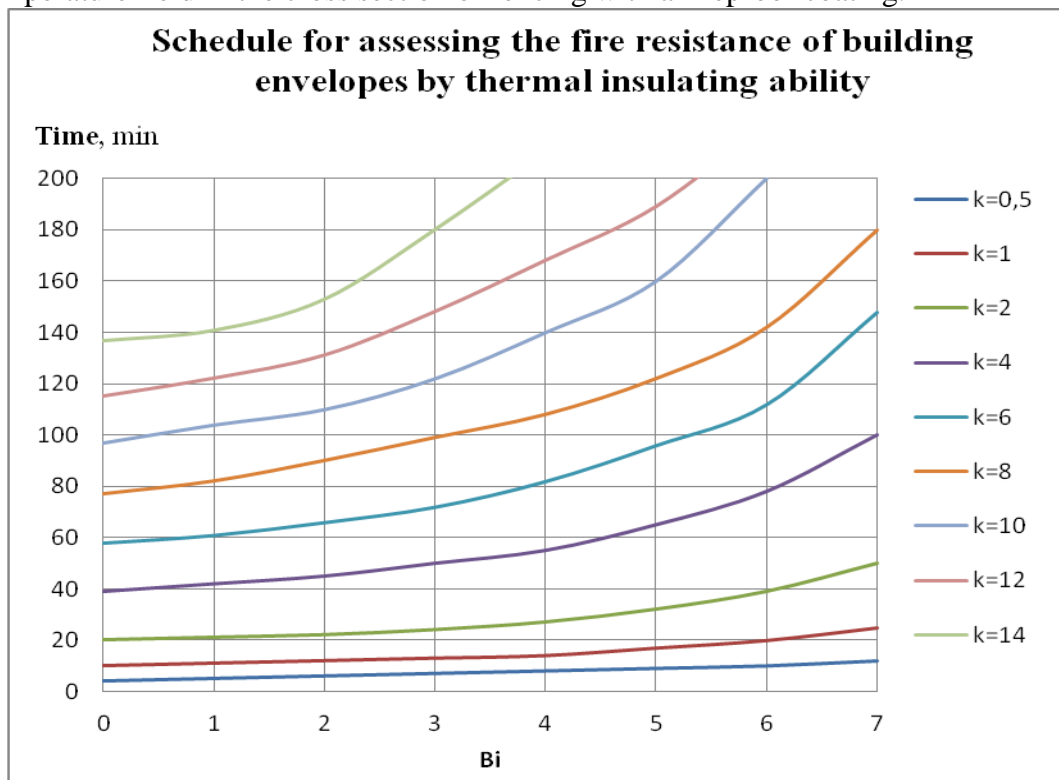


Fig. 2. Graph of the parameter $k = \delta^2/a$ from Bi

The calculation results are presented in the form of graphs of the parameter change $k = \delta^2/a_{np}$ (a_{np} – reduced coefficient of thermal diffusivity of the enclosing surface $a_{np} \approx a$) from time and bio-criterion (Bi), which is the ratio of the thermal resistance of the wall ($R_{ct} = \delta/\lambda + \delta_z/\lambda_z$, where δ_z and λ_z are the thickness and thermal conductivity of the flame retardant layer, respectively) to the thermal resistance of heat transfer from the unheated surface to the environment ($R_{\alpha} = 1/\alpha_2$).

It can be seen from the figure that the main influence on the heating of the unheated surface of the building envelope to the standard temperature (140 ° C above the initial temperature) is exerted by the thickness of the structure δ and its thermophysical characteristics α_{pr} .

The graph allows you to determine both the fire resistance limit of enclosing structures with known thicknesses and material properties, and also solve the inverse problem – to select the thicknesses and types of fencing material, and, if necessary, the type of fire protection with the appropriate characteristics.

Thus, the proposed design scheme allows you to:

- assess the effect of various temperature conditions in case of fire on the fire resistance of building structures;
- to calculate the parameters of the temperature field in building structures with various parameters of fire-retardant coating;
- determine the optimal parameters of the fire retardant coating to ensure the required fire resistance of the building structure.

References

1. MDS 21-2.2000. Guidelines for the calculation of fire resistance and fire safety of reinforced concrete structures. Second Edition Supplement. M., 2000.
2. Roytman V.M. Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings. Fire Safety and Science Association, 2001. 382 pp.
3. Order of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation of July 10, 2009 № 404 «On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities».



SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND INDUSTRY

THERMAL MODE OF CYLINDER TANK PROTECTIVE WALL IN CONDITIONS OF FIRE

D.A. Minkin; M.A. Iandiev.

Saint-Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia

In the article radiation heat transfer processes between flame torch of oil products and protective wall of cylinder tank are considered. Thermal and mathematic models are presented, with help of them it is possible to estimate the intensity of heat impact to the top of construction according to size of tank, distance between protective wall and tank, height of flame torch and its configuration. Methodology of mutual irradiation coefficient calculation was considered for heat transfer surface areas and calculation for several cylinder tanks was hold. The results of calculation were compared with Comsol multiphysics numerical decision.

Keywords: radiant heat transfer, hydrocarbon fire, thermal mode, cylinder tank

Ensuring fire safety at the facilities of the oil and gas complex of the Russian Federation is a task whose relevance can hardly be overestimated. At present, our country is the third country in the world in terms of oil production. At the same time, oil and oil products account for more than 40 % of Russia's exports in cash. Oil production and refining enterprises are characterized by the presence of a large number of flammable combustible materials, which poses a threat of major technological accidents, fires and explosions. Over the past ten years [1] nine fires in oil tanks have been officially registered. It should be noted that twenty years ago, the average frequency of fires with serious consequences in the oil and refining industries was twelve fires per year [2]. Such a significant reduction in the number of fires can be explained by a number of actions to update the standardization system (including SP 155), the rules of the fire regime, and to improve the system of training personnel in fire safety requirements [1]. Nevertheless, each of such fires causes serious material damage, leads to death and injuries of people, destruction of firefighting equipment and equipment, negatively affects the environmental situation in the region of location. Thus, the task of improving the fire safety of tank farms does not lose its significance.

One of the modern solutions to improve the fire safety of vertical cylindrical tanks for storing oil and oil products is to install a protective wall of a cylindrical shape around each tank. The development of a fire at such structures has a number of features [3], which lead to a substantially uneven distribution of the heat flux density from the flame of the burning tank along the height of the protective wall. To ensure the necessary level of fire resistance, it is necessary to calculate the thermal regime of the protective wall in a fire. Moreover, the reliability of the calculations largely depends on the accuracy of setting the boundary conditions of the physical process under consideration.

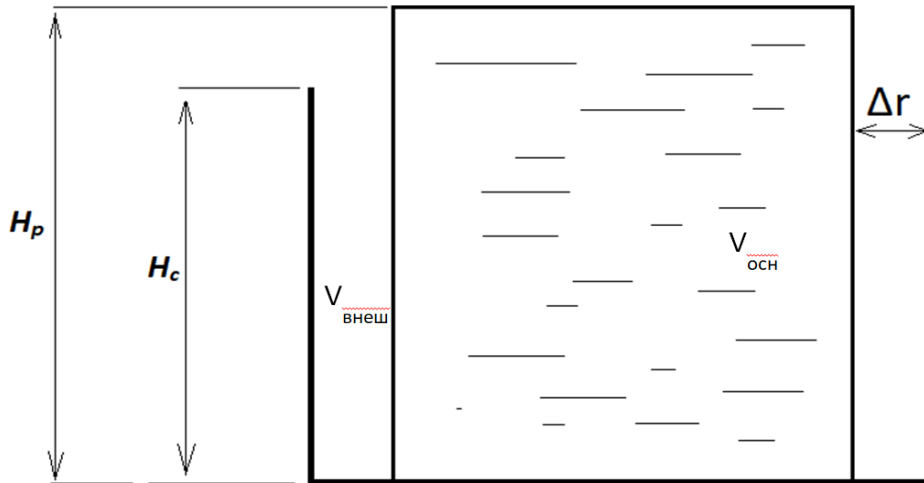
The aim of this work is to develop a methodology for calculating heat transfer conditions during a fire in tanks with a protective fence.

To achieve this goal, it is necessary to develop a thermal and mathematical model of heat transfer processes during a tank fire, calculate the mutual irradiation coefficients between the flame torch and the enclosure, compare the results with calculations using the existing method and a numerical solution for a number of typical tanks of different volumes.

Determination of heat transfer conditions

The development of thermal and mathematical models makes it possible to evaluate the intensity of the thermal effect on the upper part of the surface of the protective wall depending on the size of the tank, the distance of the protective wall from the tank, the height of the flame and its configuration.

The basis of the design of the tank with the protective wall is the cylindrical tank itself and the cylindrical wall coaxial with it at some distance, as shown in Fig. 1.



H_p – tank height, m; H_c – protective wall height, m; Δr – wall distance, m; $V_{\text{бнеш}}$ – volume limited by the wall, m³;
 $V_{\text{оч}}$ – volume of the main tank, m³

Fig. 1. Design of a tank with a protective wall

The height of the protective wall H_c should be related to the height of the tank $H_{оч}$ as follows: $H_c \geq 0,8H_{оч}$. The minimum value of the inter-wall distance must satisfy the condition $\Delta r > 1,8$ м [4].

In a fire in a tank with petroleum products, the generated heat flow is spent on heating the combustion products, dissipated into the environment and partially transferred to the upper part of the heated surface of the fence. As a result of this effect, the surface heats up, and then the heat flux passes through the fence due to thermal conductivity and dissipates from the unheated surface into the environment. In a fire with high combustion temperatures (hydrocarbon fire), most of the heat from the flame is transferred through thermal radiation. The resulting flux transmitted by radiation can be calculated by the relation [5]:

$$Q_{\text{л}} = C_0 \varepsilon_{\text{np}} \varphi \left[\left(\frac{T_f(\tau)}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 \right] F,$$

where $T_f(\tau)$ – flame temperature, K; τ – time, c; T_w – wall surface temperature, K; $\varepsilon_{\text{np}} = 1 / [1 + 0,0022(T_f(\tau) - 273)]$ – reduced blackness between the radiating surface of the torch and the heat-absorbing surface; $C_0 = 5,67$ Вт/(м²·K⁴) – emissivity of a completely black body; φ is the coefficient of mutual irradiation, taking into account the fraction of the heat flux falling from the flame to the surface of the fence; F is the area of the radiating surface of the flame, м².

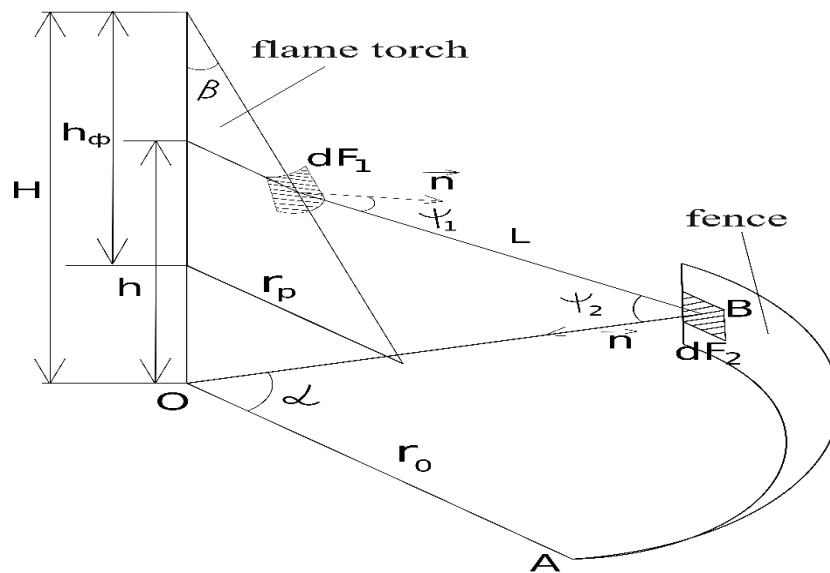
Combustion of oil products is characterized by high temperature (above 1000 °C). In [6], a review of domestic and foreign sources characterizing the temperature regime of hydrocarbon fires is given, and the possibility of counting $T_f(\tau) = 1200^\circ\text{C}$ throughout the fire is justified.

To calculate the coefficient φ in the present work, the shape of the torch is taken in the form of a cone with a base equal to the area of the burning liquid, Fig. 2.

The coefficient φ_{12} between the sections of the surface of the fence and the flame is calculated taking into account the slope of the radiating surface and its conical shape [7] and can be found by integrating the expression:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{\pi} \int_{h_0}^H \int_{-\frac{\gamma}{2}}^{\frac{\gamma}{2}} \frac{\cos\psi_1 \cos\psi_2}{h^2 + ((H-h)\operatorname{tg}\beta - r_0 \cos\alpha)^2 + (r_0 \sin\alpha)^2} (H-h) \cos^2 \beta \, dh d\alpha, \quad (1)$$

where h_0 is the height of the beginning of the integration section, which is found from the condition of the visibility factor of the upper part of the flame torch and the fence wall; the angle α can vary from $(-\gamma/2)$ to $(\gamma/2)$.



dF_1, dF_2 – elementary areas of the flame torch and guard surface, m^2 ; h is the height measured from the elementary site of the fence dF_2 to the elementary site dF_1 ; H is the height measured from the site dF_2 to the top of the flame; L is the distance between elementary areas dF_1 and dF_2 , m ; ψ_1 and ψ_2 are the angles between the normals to dF_1, dF_2 and the segment L connecting these sites; α is the angle in the horizontal plane of the AOW between the projections of the normals to the sites dF_1 and dF_2 ; β is the angle of the flame cone

Fig. 2. Relative position of the conical flame torch and the cylindrical surface of the tank fence

Угол γ находится из соотношения:

$$\gamma = \arcsin \frac{4r_p \sqrt{r_0^2 - r_p^2}}{2r_p (2r_p + 2(r_0 - r_p))};$$

Integration in expression (2) is performed numerically and implemented in Microsoft Office Excel. To find the irradiation coefficient φ between the complete surfaces F_1 and F_2 , expression (2) must be integrated over the area F_2 . In the course of the work, calculations were carried out for a number of typical tanks of various capacities; the calculation results are shown in table.

Table. The results of calculating the coefficient of mutual exposure

Volume, m	Diameter of the RVS, m	Case height, m	The height of the protective wall, m	The difference in height between the tank and the wall, m	Width between the walls, m	The value of the coefficient of mutual exposure
100	4,73	6	4,8	1,2	1,8	0,001
200	6,63	6	4,8	1,2	1,8	0,004
300	7,58	7,5	6	1,5	1,8	0,247
400	8,53	7,5	6	1,5	1,8	0,165
700	10,43	9	7,2	1,8	1,8	0
1000	10,43	12	9,6	2,4	1,8	0
2000	15,18	12	9,6	2,4	1,8	0,180
3000	18,98	12	9,6	2,4	1,8	0
5000	22,8	12	9,6	2,4	2,2	0,005
	20,92	15	12	3	1,8	0
10000	28,5	18	14,4	3,6	1,8	0,011
	34,2	12	9,6	2,4	2,2	0
20000	39,9	18	14,4	3,6	1,86	0,085
	47,4	12	6,9	2,4	3,6	0,004
30000	45,6	18	14,4	3,6	3,9	0,078
40000	56,9	18	14,4	3,6	2,4	0
50000	60,7	18	14,4	3,6	4,2	0,018
100000	95,4	18	14,4	3,6	1,1	0,048

The results of calculating the irradiation coefficient according to the presented method can be compared with the values given by the currently used method given in [4], where the irradiation coefficient is calculated by the formula [8]:

$$\varphi_{12} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2}} \arcsin \frac{C_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} + \frac{C_1}{\sqrt{1+C_1^2}} \arcsin \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} \right), \quad (2)$$

where $B_1 = \frac{x_1}{2y_1}$, $C_1 = \frac{h_\phi}{2y_1}$, h_ϕ – flame torch height, m; the quantities x_1 and y_1 are found from the relations:

$$x_1 = \frac{4r_p \sqrt{(r_0^2 - r_p^2)}}{2r_p + 2(r_0 - r_p)};$$

$$y_1 = \sqrt{r_0^2 - r_p^2 - (0.5x_1)^2}.$$

The calculations were carried out for the reservoir of the RVSZS with a volume of 20,000 m³ [3] with a diameter of 39,9 m and an inter-wall distance of 1,86 m, the estimated flame height of 43 m for burning gasoline. The values of the irradiation coefficients calculated by the expressions (1) and (2) are equal to $\varphi = 0.1$ and $\varphi = 0,45$, respectively.

To evaluate the results of the calculations, a numerical solution of the problem of determining the mutual irradiation coefficient was also carried out using the Comsol Multiphysics package. Fig. 3 shows the developed model of the studied object.

As a result of the decision, the irradiation coefficient was $\varphi_{12} = 0,085$.

An analysis of the data obtained shows that the existing methodology using expression (2) gives

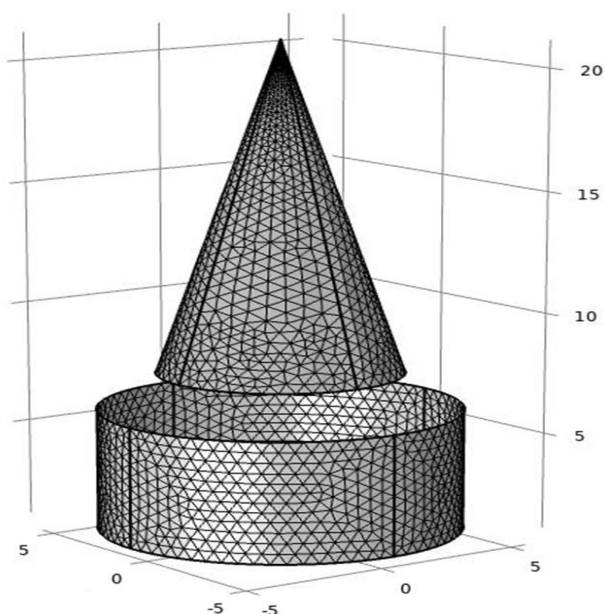


Fig. 3. Numerical model of the flame and the protective wall of the tank

overestimated values of the irradiation coefficient φ . The proposed technique improves the accuracy of the description of heat transfer conditions by taking into account the geometric features of the fire model in the strategic missile defense system, which is confirmed by calculations on a numerical model.

In the course of the work, a methodology was developed for calculating the conditions of heat transfer by radiation from the surface of the protective wall of the tank in a fire, the process of calculating the mutual exposure coefficient was automated using Microsoft Office Excel, and calculations were performed for a number of typical designs of tanks with a protective wall with a volume of 100 to 100,000 m³. The evaluation of the calculation results showed satisfactory convergence with the results of numerical modeling and allows us to refine the values obtained by the existing relationships. Nevertheless, to verify the reliability of the results obtained using the developed methodology, experimental studies on the model of the object or conducting fire tests are required.

References

1. Giletich A.N. / Fire safety of tank farms // Journal «Security Systems». 2019. № 3. URL: <https://www.secuteck.ru/articles/pozharnaya-bezopasnost-rezervuarnyh-parkov>.
2. Bakirov I.K., Arslanov R.M., Konstantinov E.V. / Fire protection at the enterprises of the oil and gas industry, tank extinguishing // Oil and gas business. Ecology and industrial safety. 2016. T 15. № 2. P. 199–203.
3. Rubtsov D.N., Shalymov M.S. / On the development of a fire in a glass-in-glass tank with oil and oil products. Internet magazine «Technosphere Security Technologies». 2016. № 3. P. 74–81.
4. Order of Rostekhnadzor dated December 26, 2012. № 780 «On approval of the Safety Guidelines for vertical cylindrical steel tanks for oil and oil products».
5. Theory of heat and mass transfer: a textbook for universities / [S.I. Isaev and others]; under the editorship of A.I. Leontiev. 3rd ed., Rev. and add. // M.: Publishing house of MGTU im. N.E. Bauman, 2018. 462 p.
6. Shvyrkov S.A., Yuryev Y.I. The temperature regime of the fire to determine the fire resistance of the enclosing walls of oil tanks. Internet magazine «Technosphere Security Technologies». 2016. № 4. P. 50–56. URL: Access mode: <http://ipb.mos.ru/ttb>.

7. Minkin D.Yu., Fedorov A.V., Kuzmin A.A., Romanov N.N., Minkin D.A. / Determination of boundary conditions for calculating the heating regimes of fences of oil and gas facilities in a fire // Life safety. 2018. № 5. P. 30–36.

8. Suchkov V.P. Methods for assessing the fire hazard of technological processes. M.: Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, 2010. 155 p.



PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRES PREVENTION AND SUPPRESSION

ANALYSIS OF HEAT AND MASS EXCHANGE OF FIRE-EXTINGUISHING EMULSION DROPLETS WITH COMBUSTION PRODUCTS

A.A. Kuzmin A.A.; T.A. Kuzmina.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Factors considering influence of processes taking place in combustion zone on thermodynamic characteristics of fire extinguishing mixture are identified and analyzed. Steps of heat exchange process between macrodrops of fire-extinguishing emulsion and combustion products are isolated. Conditions of macro-drop rupture are established, resulting in significant change of intensity of heat-mass exchange between flow of fire-extinguishing emulsion supplied to combustion focus and combustion products. Algorithm for calculation of optimum size of fire-extinguishing emulsion microdroplet is formed. There is presented the dependence of fire extinguishing efficiency with fire extinguishing emulsion on the size of sprayed microdroplets for different propellants.

Keywords: propellants, fire extinguishing aqueous emulsions, multicomponent emulsion, surface tension, viscosity, fire extinguishing efficiency, optimization

At present, water is used for fire extinguishing in more than 80 % of cases, which allows for the selection of heat from the burning area. The intensity of the heat removal process is largely determined by the dispersion of the flow of the extinguishing liquid, which requires the use of expensive high-pressure equipment, and, nevertheless, it is not possible to provide a sufficiently high rate of supply of the extinguishing liquid to the fire source. In addition, the resulting fine droplets are removed from the combustion zone by powerful convective flows of combustion products, which, of course, reduces the fire extinguishing efficiency of the use of this substance in the process of firefighting [1].

Fire extinguishing efficiency is measured by the minimum amount of fire extinguishing agent consumed in suppressing a model fire, and its supply rate is measured by the mass flow rate supplied per unit area of fire [2].

The solution to the problem may be to ensure the generation process directly in the combustion zone of the flow of extinguishing fluid with the required finely dispersed structure, while it becomes possible to avoid the use of complex and expensive fire-fighting weapons in operation in a fire. For this, it is proposed to use fire extinguishing water emulsions, the dispersed component of which are low-boiling organic liquids, the so-called propellants [3, 4]. The physical mechanism of the effect of such emulsions on the combustion zone is that intense boiling of the low-boiling phase occurs, accompanied by rupture of the carrier drop, which increases the dispersion of the water flow, and thereby increases the rate of heat removal from the combustion zone of the fire load.

An emulsion is usually understood as an unstable system in the form of a suspension of microscopic particles of one liquid that cannot be dissolved in another liquid, and no physical or chemical interactions occur between the particles that make up these liquids.

The fire extinguishing efficiency of such emulsions is determined by physico-chemical characteristics, as in [5] the optimal range of physicochemical parameters of fire extinguishing water emulsions is presented, in which the maximum of their fire extinguishing capabilities is manifested.

However, if the extinguishing mixture, which is an aqueous emulsion, enters the high-temperature environment of the combustion zone, a physicochemical interaction is possible between the gaseous fraction of the fire load, its combustion products, water and low-boiling dispersed components of the extinguishing mixture, which does not consider existing sources.

The aim of the research is to formulate a model of the heat and mass transfer between drops of a fire extinguishing emulsion and to identify on its basis the optimal parameters of an aqueous emulsion of low boiling organic liquids in order to minimize the consumption of a fire extinguishing mixture for firefighting.

In the analysis of the physics of the processes of water heating with its subsequent vaporization occurring in the combustion zone, when forming the aforementioned model, it is necessary to consider the influence of these processes on the thermodynamic characteristics of the resulting gas mixture.

Several key factors are taken into account, namely:

- heat and mass transfer factor due to free convection processes caused by heat exchange between the combustion products and drops of a fire extinguishing emulsion;
- thermodynamic factor associated with changes in the specific heat and internal energy of the combustion products, as well as the evaporation products of the fire extinguishing emulsion;
- a thermochemical factor that manifests itself during chemical reactions between the products of combustion and the products of evaporation of a fire extinguishing emulsion.

Analyzing the heat and mass transfer factor, it can be assumed that the course of convective heat transfer will determine the duration of the local exposure of the extinguishing emulsion vapors to the thermodynamic parameters of the products of combustion of the fire load. In this case, a fire extinguishing emulsion injected into the combustion zone in the form of fine droplets reaches its critical parameters (temperature and pressure) in a rather short time period. During the movement of the extinguishing emulsion droplets into the environment of the products of combustion of the fire load, the temperature of these droplets during heat exchange with the combustion products increases and can reach the boiling point of the extinguishing emulsion corresponding to the local pressure in the combustion zone of the fire load. The process of overheating of a fire extinguishing emulsion causes the transition of the water component inside individual drops to a metastable state and the creation of the necessary conditions for spontaneous boiling. This occurs despite a decrease in the number of local centers of vaporization; therefore, vaporization centers arise due to thermal fluctuation processes [6].

Thermodynamic analysis of the state of the gas phase of a fire extinguishing emulsion in the combustion zone of a fire load is based on the assumption that heat is removed at any local site of the thermodynamic process, equal to the amount of heat required to evaporate the supplied fire extinguishing emulsion. As the extinguishing emulsion turns from a liquid state into a gaseous state, the process of further heat removal from the products of combustion of the fire load will develop. The vapor fraction will be heated, which is formed during the evaporation of the fire extinguishing emulsion when it is heated by the products of combustion of the fire load, as a result of which the heat capacity and specific internal energy of the vapor fraction will change, as well as conditions will arise that contribute to the During firefighting, a drop of a fire extinguishing emulsion, which is an aqueous emulsion of low-boiling organic liquids, is placed in a perturbed medium of combustion products with a known temperature T_1 , pressure P_1 , frequency f and pulsation A of the gas flow velocity. It is natural to assume that the temperature of the combustion products T_1 is higher than the initial temperature of the droplets of the T_{eo} emulsion, i.e. $T_1 > T_{eo}$, which determines the intensity of heat exchange between the outer surface of the droplet and the combustion products of the fire load.

In this case, several stages of this process can be distinguished:

- a drop of emulsion warms up to the temperature of superheating of water T_p , which will be accompanied by an intensive process of evaporation of boiling organic liquids, which form a fire extinguishing emulsion with water;
- there is a spontaneous boiling of the water component of individual drops of a fire extinguishing emulsion;

– the resulting water vapor worsens the heat transfer conditions between the combustion products and the outer surface of the drops of the extinguishing emulsion.

It is assumed that the heat spent on the evaporation of water entering the drop of a fire extinguishing emulsion will be proportional to the numerical value of the expression:

$$\left(\frac{m_e}{m_e + m_o} \right)^k,$$

where m_e – the mass of water contained in a drop of fire extinguishing emulsion; m_o – a mass of boiling organic liquid contained in a drop of a fire extinguishing emulsion; k – an empirical coefficient, the value of which depends on the intensity of the evaporation process from the surface of a drop of a fire extinguishing emulsion.

The true value of the mass of the water component making up a drop of a fire extinguishing emulsion can be determined by solving the differential equation:

$$\left(\frac{m_e}{m_e + m_o} \right)^k \cdot \frac{\partial m_e^*}{\partial \tau} = \frac{\partial m_e}{\partial \tau},$$

where m_e^* – mass of water droplets involved in heat transfer with combustion products.

Let us analyze the conditions of spontaneous boiling of the water component of individual drops of a fire extinguishing emulsion, shown in Fig. 1.

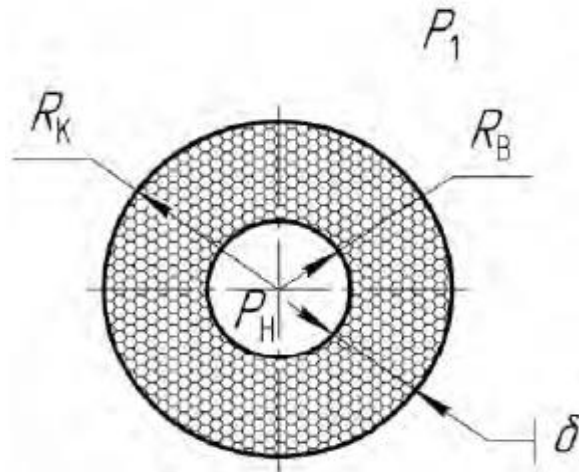


Fig. 1. Fire extinguishing emulsion droplet model

where: R_K – current radius of a drop of fire extinguishing emulsion; R_B – current radius of the inner cavity of a drop of a fire extinguishing emulsion; δ – the current thickness of the emulsified layer inside the drop; P_H – saturated water vapor pressure inside a fire extinguishing emulsion drop; P_1 – gas pressure in the combustion zone of the fire load.

The rupture of the shell of a drop of a fire extinguishing emulsion is prevented by the presence of surface tension forces f , which create a compression stress on the surface of this drop σ :

$$\sigma_\alpha = \frac{f}{S} = \frac{f}{\pi \cdot (R_K^2 - R_B^2)}, \quad (1)$$

where: S – cross-sectional area of the shell of a drop of a fire extinguishing emulsion.

With the heating of the extinguishing emulsion droplet, the value of the saturated water vapor pressure inside the extinguishing emulsion droplet will increase, while the surface tension force will decrease and the compression stress will decrease, and the size of the droplet will

increase. When surface tension forces σ_α and the external pressure of the combustion products P_1 will no longer compensate for the pressure of saturated water vapor inside the drop of P_H , then

$$\sigma_\alpha \leq \sigma_{\text{эК}}, \quad (2)$$

In inequality (2), the value of the normal tensile stress in the shell of the droplet of a fire extinguishing emulsion, $\sigma_{\text{эК}}$, can be calculated using expression (3):

$$\sigma_{\text{эК}} = \frac{(P_H - P_1 - P_\alpha) \cdot R_\kappa}{2 \cdot \delta}. \quad (3)$$

In expression (3), to determine the value of saturated vapor inside a drop of a fire extinguishing emulsion P_H , in [2] it is proposed to apply the following empirical dependence:

$$P_H = 2780 \cdot e^{\frac{4660}{T_{30}}}, \quad (4)$$

and the excess pressure of the surface tension force $P_\alpha = 2 \cdot \alpha_m / R_\kappa$,

where α_m is the surface tension coefficient of the fire extinguishing emulsion, the value of which depends on the temperature of the gas mixture in the fire source T_1 .

$$\alpha_m = 1,69 \cdot \alpha_{m0} \cdot \left(1 - \frac{T_1}{T_{30}}\right), \quad (5)$$

α_{m0} – surface tension coefficient of extinguishing emulsion at initial temperature T_{30} .

Equations (1–5) link the physical characteristics of the components of the fire extinguishing emulsion, the thermophysical parameters of the gas mixture formed in the combustion zone and the total heat perception surface of the fire extinguishing stream, equal to the product of the volume concentration of microdrops on their single outer surface, and form a model implemented as the algorithm presented in fig. 2.

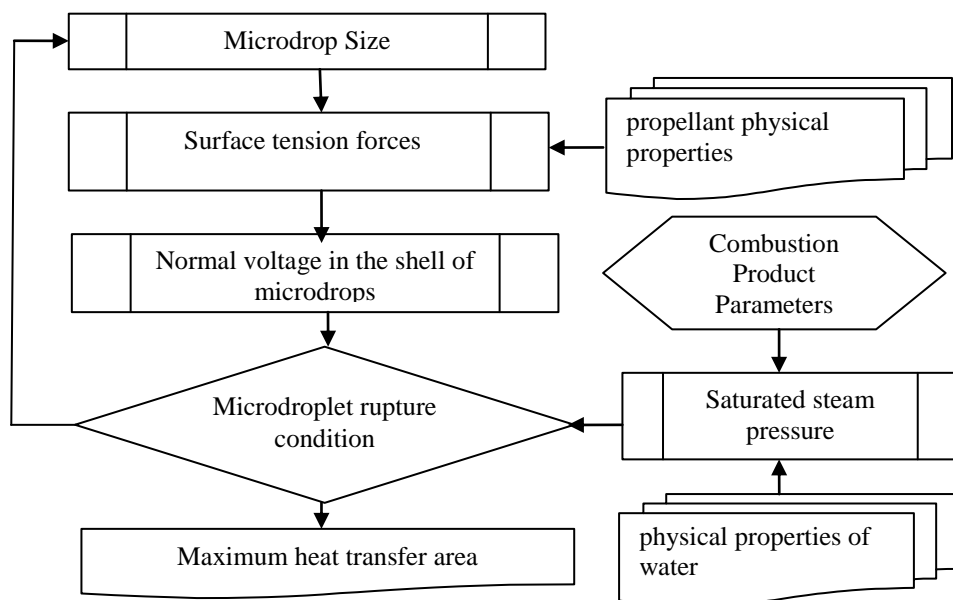


Fig. 2. The algorithm for calculating the optimal size of a microdrop of fire extinguishing emulsion

The calculation results using the presented algorithm practically coincide with the data given in [5] for measuring the diameter of the droplets of a fire extinguishing emulsion. This confirms the previously described physical picture: the macrodroplets of a fire extinguishing emulsion with a diameter of $d = 1-2$ mm falling into the combustion zone of a fire load are destroyed during boiling of a low-boiling fraction, as a result of which the diameter of the resulting microdrops

decreases to $50\text{--}100\ \mu\text{m}$. The content of Fig. 3 illustrates the physical picture of a significant increase in the heat transfer area between the flow of the extinguishing emulsion and the combustion products.

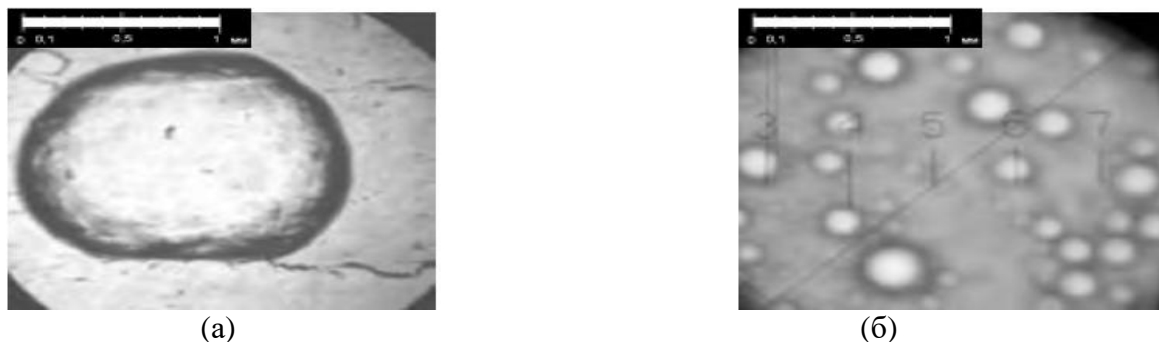
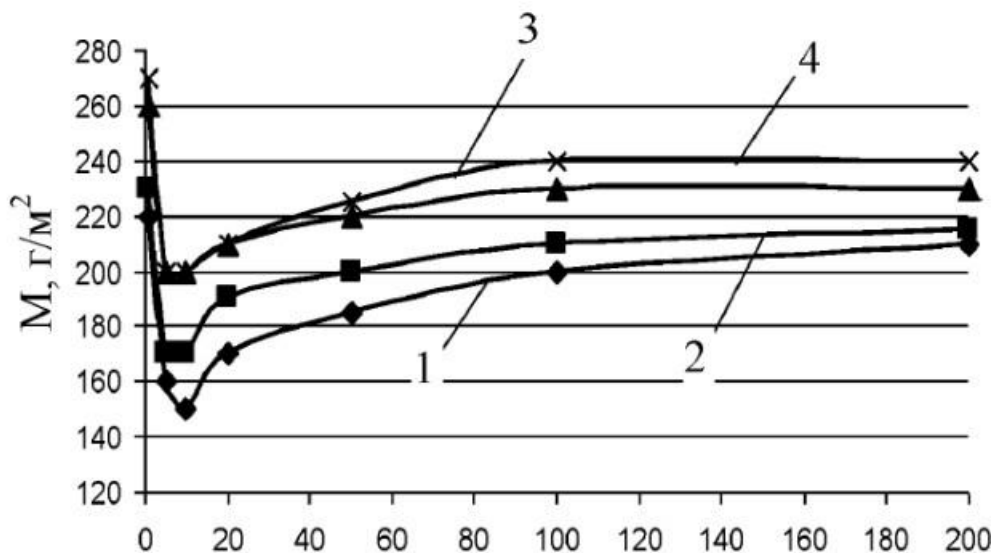


Fig. 3. The dispersion of the flow of fire extinguishing emulsion (a) – before the combustion zone; (b) – in the combustion zone

The maximum efficiency of the use of fire extinguishing emulsions is achieved with an optimal degree of crushing of microdrops, which is confirmed by the experimental results shown in Fig. 4.

Fig. 4. Dependence of fire extinguishing efficiency on the size of microdrops of fire extinguishing emulsion



In fig. 4 shows the dependence of fire extinguishing efficiency by a fire extinguishing emulsion on the size of atomized microdrops for various propellants: 1 – iodomethane CH_3I ; 2 – ethyl bromide $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$; 3 – pentane C_5H_{12} ; 4 – octane C_8H_{18} .

The drop in fire extinguishing efficiency with increasing particle size of the dispersed phase of the fire extinguishing emulsion is explained by the fact that the propellant may not be present in all the macrodrops forming a jet, which affects the intensity of the fracture of the macrodrops and the formation of microdrops.

Thus, the use of extinguishing emulsions makes it possible to organize a flow with a low dispersion medium pressure equipment, which reduces the probability of convective flows of macrodrops from the combustion zone, which in turn increases the extinguishing efficiency due to the breaking of macrodrops to the size of microdrops.

References

1. Dymov S.M., Tsarichenko S.G., Lototsky N.A. Prospects for the use of finely dispersed water in extinguishing fires / Fire safety history, condition, prospects: Materials of the XIV All-Russian. scientific-practical Conf., Ch. M.: VNIPO, 1997.
2. Povzik Ya.S. Fire tactics: M.: CJSC «Special equipment» 2004. p. 416.
3. Thomas G.O. Application, mechanisms and efficiency of use of atomized water for explosion protection of large-volume objects. Fire and explosion protection of substances and explosion protection of objects: International seminar. M.: VNIPO, 1995. P. 44–45.
4. Panin E.N., Royko V.M., Kozlov V.A. Fire extinguishing ability of a water emulsion with a low boiling water insoluble additive. Firefighting: Sat. scientific tr. M.: VNIPO, 1983. P. 112–117.
5. Kazakov M.V. The use of surfactants to extinguish fires. M.: Stroyizdat, 1977. P. 80.
6. Deryagin B.V. Surface forces. M.: Nauka, 1985. P. 398.



INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kuzmina Tatyana Anatolievna – Associate Professor of Fire Inspection Department. Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), e-mail: kuzmina@igps.ru, candidate of pedagogic sciences;

Kuzmin Anatoly Alekseevich – Associate Professor, Department of Physical and Technical Fundamentals of Fire Safety. Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), e-mail: kaa47@mail.ru, candidate of pedagogic sciences, Associate Professor.;

Latyshev Oleg Mikhailovich – Professor of Fire Inspection Department. Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), e-mail: latyshev.o@igps.ru, candidate of pedagogic sciences, Professor;

Lobova Sofya Fedorovna – Senior Researcher, Department of Innovation and Information Technologies in Fire Examination of Research institute of St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149); e-mail: sonmel1984@yandex.ru;

Magomedov Vladimir Bosirovich – undergraduate of the St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), e-mail: basirovich78@mail.ru;

Minkin Dmitry Alekseevich – Associate Professor, Department of Physical and Technical Fundamentals of Fire Safety of St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), e-mail: mindim-spb@mail.ru, candidate of technical science, Associate Professor.;

Mironov Alexander Vladimirovich – undergraduate of St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149);

Polevshchikova Ekaterina Vladimirovna – undergraduate of St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149);

Printseva Mariya Yuryevna – Deputy Head of the Department of instrumental methods and technical means of fire examination of Research institute of St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), candidate of technical sciences;

Romanov Nikolay Nikolaevich – Associate Professor, Department of Physical and Technical Fundamentals of Fire Safety, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), candidate of technical sciences, Associate Professor; e-mail: nik57nik@mail.ru;

Sysoeva Tatyana Pavlovna – Senior Researcher, Department of Innovative and Information Technologies in Fire Examination. Research institute of St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149), candidate of technical sciences;

Fomin Alexander Viktorovich – Professor of Fire Inspection Department, St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, St. Petersburg, 149), e-mail: fom-deg@ya.ru, candidate of technical sciences, professor., Honored Worker of Higher School of the Russian Federation;

Yandiev Mikail Aslanovich – undergraduate of St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr. 149); e-mail: miki-0809@mail.ru.



SUMMARY OF INFORMATION

The oldest educational institute of fire and technical specialization was established in 1906 October 18th, when based on the decision of City Council of Saint-Petersburg courses of fire engineer started the work. Along with training of specialists the institute was responsible for correlation and systematization of fire and technical knowledges and creation of new special discipline. There were published first national textbooks which were used for all Russian firefighters training.

For Century University history more than 30 000 specialists were trained which had higher professional level and unlimited loyalty to work of firefighters and oath loyalty. As result huge quantity of officers and graduates of the institute who got a higher reward from the country such as: knights of Saint George's Cross, four heroes of Soviet Union and one hero of Russian Federation. It is not accident that there are many graduates among head staff of fire service of our country.

Nowadays Saint-Petersburg University of State Fire Service of Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and the Rectification of the Consequences of Natural Disasters is modern scientific and educational complex integrated in world scientific and educational. The University provides studying of secondary and high, post graduates students, retraining of specialists more than for 30 staff categories using systems of classroom studying and distance.

Chief of the University – Doctor of Technical Sciences, General-the Major of internal service Gavkalyk Bogdan Vasilyevich.

The main direction of activity of the university is training of specialists in the specialty «Fire safety», and at the same time training is organized for other specialties that are in demand in the EMERCOM system. They are specialists in the field of system analysis and management, higher mathematics, legislative support and legal regulation of EMERCOM of Russia, psychology of risk and emergency situations, budgetary accounting and audit in EMERCOM divisions, fire-technical expertise and inquiry. Innovative training programs included training specialists in the specialization «Managing of rescue operations of special risk» and «Carrying out emergency humanitarian operations» with knowledge of foreign languages, as well as training specialists for paramilitary mine-rescue units in the specialties «Mining» and «Technological safety and mine rescue».

The breadth of scientific interests, high professionalism, extensive experience in scientific and pedagogical activity, possession of modern methods of scientific research allow the university staff to multiply the scientific and scientific-pedagogical potential of the university, ensure continuity and succession of the educational process. Today, 1 Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, 5 Honored Scientists of the Russian Federation, 13 Honored Workers of the Higher School of the Russian Federation, 2 Honored Lawyers of the Russian Federation, Honored Inventors of the Russian Federation and the USSR transfer their knowledge and vast experience to the university. The preparation of highly qualified specialists is currently carried out at the University by 4 laureates of the Government of the Russian Federation Prize in the field of science and technology, 42 doctors of science, 228 candidates of sciences, 63 professors, 155 associate professors, 20 academicians of branch academies, 11 corresponding members of branch academies, 6 senior researchers, 8 Honored Workers of Higher Professional Education of the Russian Federation, 1 Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, 2 Honorary Radio Operators of the Russian Federation and 2 Honorary Workers of General Education of the Russian Federation.

University consists of:

- Institute for Advanced Professional Education;
- Institute of distance education;
- Institute of Life Safety.

Three faculties:

- Engineers;
- Economics and law;
- Training and retraining of scientific and pedagogical staff.

In the university are created:

- An educational center;
- Centre for Scientific Research Organization;
- Center for Information Technology and Systems;
- Educational and scientific center of engineering and technical expertise;
- Distance Learning Center;

- Expert Center;
- Industrial park of science and innovation;
- Center for international cooperation and information policy;
- Science and innovative technologies park.

The University has representations in the cities of Vyborg (Leningrad region), Petrozavodsk, Strezhevoy (Tomsk region), Khabarovsk, Syktyvkar, Burgas (Republic of Bulgaria), Almaty (Republic of Kazakhstan), Bar (Republic of Montenegro), Baku (Azerbaijan), Nis (Serbia), Sevastopol, Pyatigorsk.

At the university in 31 areas of training more than 8000 people studies. The annual class of graduates is more than 1550 specialists.

One dissertational council for defending dissertations for the academic degree of a doctor and candidate of science in technical sciences operates at the university. In order to improve scientific activity, 12 research laboratories have been established at the university.

Annually, the University conducts international scientific-practical conferences, seminars and round tables on a wide range of theoretical and applied scientific problems, including the development of a system for preventing, eliminating and reducing the consequences of natural and man-made emergencies, improving the organization of interaction between various administrative structures in conditions of extreme situations, etc.

Among them: the All-Russian Scientific and Practical Conference «Security Service in Russia: Experience, Problems and Perspectives», International Scientific and Practical Conference «Training of Personnel in the System of Prevention and Elimination of Consequences of Emergencies», Forum of the EMERCOM of Russia and public organizations «Society for Security», All-Russian Scientific and Practical Conference «The Arctic – the Territory of Security. Development of providing of complex security system for the Arctic zone of the Russian Federation».

On the basis of the university, joint scientific conferences and meetings were held by the Government of the Leningrad Region, the Federal Service of the Russian Federation for the Control of the Traffic of Drugs and Psychotropic Substances, the Scientific and Technical Council of the EMERCOM of Russia, the Northwest Regional Center of the EMERCOM of Russia, The International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire (CTIF), Legislative Assembly of the Leningrad Region.

The University annually takes part in exhibitions organized by the EMERCOM of Russia and other departments. Traditionally, the University stands at the annual International exhibition «Integrated Security» and the International Forum «Security and Safety» SFITEX enjoys great interest.

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia has been cooperating with the State Hermitage for several years in the field of innovative projects on fire safety of cultural heritage sites.

During the teaching of specialists in the University, advanced domestic and foreign experience is widely used. The university maintains close ties with the educational and research institutions and structural subdivisions of the fire and rescue profile of Azerbaijan, Belarus, Bulgaria, Great Britain, Germany, Kazakhstan, Canada, China, Korea, Serbia, Montenegro, Slovakia, USA, Ukraine, Finland, France, Estonia and other states.

The university is a member of the International Association of Fire and Rescue Services (CTIF), which unites more than 50 countries around the world.

In the framework of international activities, the university actively cooperates with international organizations in the field of security.

In cooperation with the International Civil Defense Organization (ICDO) Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia organized and conducted seminars for foreign experts (from Moldova, Nigeria, Armenia, Sudan, Jordan, Bahrain, Azerbaijan, Mongolia and other countries) for expert evaluation of fire, ensure the safety of oil facilities, the design of fire extinguishing systems. In addition, University staff participated in conferences and seminars conducted by ICDO in the territory of other countries. Nowadays five programs on technosphere safety in English have been developed for representatives of the ICDO.

One of the key directions of the University's work is participation in the scientific project of the Council of the Baltic Sea States (CBSS). The University participated in the project 14.3, namely in the direction C – «Macro-regional risk scenarios, analysis of hazards and gaps in the legislation» as a full-fledged partner. At present, work is underway to create a new joint project within the framework of the CBSS.

A lot of work is underway to attract foreign citizens to study. Representative offices have been opened in five foreign countries (Bulgaria, Montenegro, Kazakhstan, Azerbaijan, and Serbia).

Nowadays, more than 200 citizens from 8 foreign countries study at the university.

Cooperation agreements have been concluded with more than 20 foreign educational institutions, including the Higher Technical School in Novi Sad and the University of Nis (Serbia), the Fire Academy of Hamburg (Germany), the College of Fire and Rescue Service in Kuopio (Finland), Kokshetau Technical Institute of the EMERCOM of the Republic of Kazakhstan and many others. The training in Harvard University for university's representatives has been organized using training program for safety leaders qualification increasing.

In virtue of intergovernmental agreements, Ministries of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic and the Republic of Kazakhstan staff is provided with a training at the university.

Over the years, the university has trained more than 1 000 specialists for fire protection in Afghanistan, Bulgaria, Hungary, Vietnam, Guinea-Bissau, Korea, Cuba, Mongolia, Yemen and other foreign countries.

The training under the program of additional professional education «Translator in the field of professional communication» was organized for students, cadets, adjuncts and employees.

The monthly information-analytical packet and analytical reviews on fire and rescue topics of the Center for international cooperation and information policy is published. University website is translated into English and constantly updated.

The University's computer park is more than 1400 units, united in a local network. Computer classes allow students to work in the international computer network Internet. With the help of the Internet, access to Russian and international information sites is provided, which makes it possible to significantly expand the possibilities of the educational, teaching, methodological and scientific-methodical process. The necessary regulatory information is in the database of computer classes provided with the full version of the programs «Consultant Plus», «Garant», «Legislation of Russia», «Fire Safety». For information support of educational activities in the university there is a unified local network.

Increasing multiplicity and complexity of modern tasks significantly increase the requirements for the organization of the educational process. Nowadays the University use distance-studying technologies.

The university library corresponds to all modern requirements. The fund of the University's library accounts more than 359 thousand numbers of literature on all branches of knowledge. The library's funds have information support and are united into a single local network. All processes are automated. The library program «Irbis» is installed. The library provides electronic book loan. This makes it possible to bring the book to user as soon as possible.

Reading rooms of the library are equipped with computers with Internet access and a local network of the university. The Electronic Library has been created and is functioning; it is integrated with the electronic catalog.

2/3 of the educational and scientific foundation was digitized in the Electronic Library. The following libraries are connected to the electronic library: a branch in Zheleznogorsk and a library of the Vytegra training and rescue center, as well as training centers. There is access to the largest libraries of our country and the world (BN Yeltsin Presidential Library, Russian National Library, Russian State Library, Library of the Academy of Sciences, Library of Congress). A contract was concluded with EBS IPRbooks for the using and viewing of educational and scientific literature in electronic form.

The library has more than 150 copies of rare and valuable publications. The library has a rich fund of periodicals, their number is 8121 copies. In 2017, in accordance with the requirements of the state educational standard, 80 titles of magazines and newspapers were issued. All incoming periodicals are signed by a bibliographer for electronic catalogs and card files. Publications of periodicals are actively used by readers in educational and research activities. Also, 3 foreign journals are issued.

On the basis of the library, a professorial library and a professorial club of the university were established.

The Polygraphist Center of the University is equipped with modern printing equipment for full-color printing, which allows providing orders for printed products of the University, as well as a plan for publishing activities of the Ministry. The University publishes 7 scientific journals, publishes materials of a number of International and All-Russian scientific conferences, packet of scientific works of the faculty of the university. The University's editions comply with the requirements of the legislation of the Russian Federation and are included in the electronic database of the Scientific Electronic Library to determine the Russian Scientific Citation Index, and also have an international index. The scientific and analytical journal «Problems of risk management in the technosphere» and the electronic scientific and analytical journal «Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia» are included in the list of peer-reviewed scientific journals approved by the decision of the Higher Attestation

Commission, in which the main scientific results of dissertations should be published for the degree of candidate of sciences, for the degree of Doctor of Sciences.

All cadets of the university are trained in the initial training programs for rescuers and firefighters. The training takes place on the basis of the Vytegra Training and Rescue Center, a branch of the North-West regional search-and-rescue detachment of the EMERCOM of Russia; The rescue training center of the Baikal search and rescue team, located in the settlement of Nikola near Lake Baikal; 40th Russian Rescue Training Center; 179th Rescue Center in Noginsk; Center for the training of rescuers «Krasnaya Polyana» of the Southern Regional search and rescue team of the. On July 1, 2013, the Center for the Education of Cadets was established on the basis of the St. Petersburg's University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia.

The main goals of the Center's activities are intellectual, cultural, physical and the spiritual and moral development of the Cadets, their life adaptation in society, the creation of the preparation basis of minors to serve the Fatherland in the field of state civil, military, law enforcement and municipal service.

The Center implements the training of cadets in general secondary education programs, taking into account additional educational programs.

The university pays great attention to sports. Teams consisting of teachers, cadets and listeners are regular participants of various sports tournaments, held both in Russia and abroad. Students and cadets of the university are members of the teams of the Ministry of Emergencies of Russia in various sports. Students and cadets of the university are members of the EMERCOM teams in various sports.

Sport club «Nevskiy Lions» was organized which includes professional fire and rescue sport teams, also includes ice hockey, volleyball, basketball, American football teams and other different kinds of strength sport.

Cadets and students have opportunity to develop their cultural standards and their creative capacity in the Institute of Arts. Cadets and students actively take a part in games of the club of humor between Emercom units, annual professional and art competitions «Miss Emercom», «The best club», «The best museum» and also musical competition of firefighters and rescuers «Melodies of sensitive hearts».

All necessary conditions for training higher educated specialists for fire and rescue service of Emercom of Russia were created in the Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia.



ФГБОУ ВО МЧС России
«Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы»
EMERCOM of Russia
FSBEI HPE «Saint-Petersburg university of State fire service»

Научно-аналитический журнал
Scientific and analytical magazine

Надзорная деятельность и судебная экспертиза
в системе безопасности
Monitoring and expertise in safety system

№ 1 – 2020

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-57194 от 11 марта 2014 г.
Registration certificate PI № FS 77-57194 dated March 11, 2014.

Выпускающий редактор Г.Ф. Сулова
Editor G.F. Suslova

Подписано в печать 20.03.2020. Формат 60×84_{1/8}. Усл.-печ. п.л. 12,00. Тираж 1000 экз.
Passed for printing 20.03.2020. Format 60×84_{1/8}. Tentative printed sheets 12,00 Circulation 1000 copies.

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.
Printed in Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
196105, Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, № 149.