

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
И СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА
В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ**
№ 4 – 2021

Редакционный совет

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

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

Заместитель председателя – доктор технических наук, доцент **Зыбина Ольга Александровна**, заместитель начальника университета по научной работе.

Заместитель председателя – доктор наук **Миличавлевич 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 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 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 – майор внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, 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);

майор внутренней службы **Ильницкий Сергей Владимирович**, старший преподаватель кафедры надзорной деятельности;

майор внутренней службы **Гайдукевич Александр Евгеньевич**, старший научный сотрудник отдела инновационных и информационных технологий в экспертизе пожаров Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

кандидат технических наук, доцент **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 Кюнбил (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 **Медведева Анна Александровна**, профессор кафедры трудового права;

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

НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Сальников А.В., Кузьмина Т.А. Модуль «Дознание» автоматизированной аналитической системы поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России	5
--	---

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Сафина Л.С., Байгишиев Ш.Б., Зюзина Н.В., Эльгукаев Ш.А. Установление степени потенциальной пожароопасности высотных зданий г. Уфы	13
Лабинский А.Ю. К вопросу проектирования систем паротушения пожара	16
Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Повышение огнестойкости волокнистых теплоизоляционных материалов применением аэрогелей	21
Лабинский А.Ю. Строительные конструкции в условиях пожара	28
Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Термокапиллярная конвекция в углеводородах под воздействием теплового излучения пожара	35

ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

Воронцова А.А., Скодтаев С.В., Черкасов Е.Ю., Ивахнюк С.Г. Анализ статистических данных происшествий, связанных с возгоранием воздушного судна от разлитого топлива в результате аварийной посадки по данным межгосударственного авиационного комитета за 2004–2020 гг.	41
---	----

Сведения об авторах	47
Информационная справка	48

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, 2021

НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

УДК 004.4:614.849

МОДУЛЬ «ДОЗНАНИЕ» АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ И УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНЫМИ ОРГАНАМИ МЧС РОССИИ

А.В. Сальников;

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Обозначена часть нормативно-правовой базы, определяющая автоматизированную аналитическую систему поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России как одно из приоритетных направлений деятельности органов федерального государственного пожарного надзора. Рассмотрены основные аспекты работы в интерфейсе модуля «Дознание» автоматизированной аналитической системы поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России. Проанализированы основные недостатки модуля «Дознание» и перспективы его дальнейшего развития как учетно-регистрационной системы дознания по делам о пожарах.

Ключевые слова: автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России, дознание, учетно-регистрационная система, контрольно-надзорная деятельность, реформа контрольно-надзорной деятельности

1. Общие положения.

Приказом МЧС России от 2 мая 2006 г. № 270 «Об утверждении инструкции о порядке приема, регистрации и проверки сообщений о преступлениях и иных происшествиях в органах государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» определен порядок приема, регистрации и проверки сообщений о преступлениях и иных происшествиях органами федерального государственного пожарного надзора МЧС России (ФГПН) [1].

21 декабря 2020 г. было издано распоряжение МЧС России № 973 «О продолжении проведения опытной эксплуатации модуля учета пожаров и их последствий автоматизированной аналитической системы поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России» (ААС КНД), которое явилось отправной точкой начала цифровизации органов ФГПН. Указанная система разработана специалистами Департамента надзорной деятельности и профилактической работы (ДНПР) [2]. С января 2021 г. сотрудники территориальных подразделений надзорной деятельности осуществляют учет пожаров и их последствий в отдельном модуле ААС КНД параллельно с базой учета пожаров и их последствий «СтатПож»¹, разработанной ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,

¹ Программный комплекс «СтатПож 2009» указан в перечне программно-технических средств информатизации, принятых в фонд алгоритмов, программ, баз и банков данных Государственной противопожарной службы в 2009–2015 гг. URL: <http://www.vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki-danny/reestr-fonda-algoritmov-programm-baz-i-bankov-dann-nauchno-tehnicheskaya-deyatelnost-podrazdel-prog/> (дата обращения: 22.11.2021).

которой органы ФГПН ежедневно руководствуются при осуществлении своих полномочий. Однако до определенного времени не было создано единой системы, включающей в себя все направления деятельности ФГПН. Такой системой оказалась ААС КНД, включившая в себя модули и реестры по разным направлениям деятельности (реестр собственников, реестр защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЗНТЧС), реестр производителей (поставщиков), модуль дознания по делам о пожарах, модуль учета пожаров и их последствий и т.д.).

Распоряжением МЧС России от 29 сентября 2021 г. № 848 «О проведении опытной эксплуатации информационной системы «Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России» определены сроки и порядок проведения опытной эксплуатации ААС КНД в целом. Главной задачей испытаний является выявление недостатков при осуществлении своих полномочий органами ФГПН путем работы в интерфейсе основных реестров и модулей ААС КНД. Работа в указанном направлении ведется и по сей день. В настоящее время проводится доработка функциональных возможностей ААС КНД по всем направлениям. Определен состав рабочей группы, состоящий из представителей (начальников, заместителей начальников) управлений надзорной деятельности и профилактической работы головных субъектов Российской Федерации – Республика Башкортостан, Вологодская область, Липецкая область, Московская область, Нижегородская область. Доработку функциональных возможностей и интерфейса модуля «Дознание» координирует Главное управление МЧС России по Нижегородской области.

Рассмотрим специфику, проблематику и дальнейшее развитие модуля «Дознание» ААС КНД как одного из приоритетных направлений деятельности органов ФГПН.

Для органов ФГПН данная тема актуальна в первую очередь с точки зрения того, как с учетом интенсивной цифровизации будет осуществляться организация работы в рассматриваемом направлении на фоне значительного документооборота в форме книг, журналов и т.п., а также значительного объема информации [3–6].

Будет ли дальше действовать Приказ МЧС России от 2 мая 2006 г. № 270 «Об утверждении инструкции о порядке приема, регистрации и проверки сообщений о преступлениях и иных происшествиях в органах государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»? [1] Вероятнее всего будет, однако с некоторыми изменениями нормативной базы, предусматривающими цифровизацию вышеуказанного направления путем внесения соответствующих корректировок в содержание нормативно-правовых актов [7–9].

2. Интерфейс модуля «Дознание» ААС КНД.

Вход в модуль «Дознание» осуществляется путем ввода адреса <http://mur.gpn.mchs.ru> в адресную строку браузера (от англ. web browser – прикладное программное обеспечение для просмотра страниц, содержания веб-документов) при подключении компьютера к сети Интранет². В настоящий момент предусматривается возможность входа в модуль «Дознание» через подключение к сети Интернет.

Пользователи модуля «Дознание» – должностные лица структурных подразделений территориальных органов МЧС России, в сферу ведения которых входят вопросы организации и осуществления федерального государственного пожарного надзора (органы ГПН ГУ МЧС России по субъекту Российской Федерации), а также должностные лица структурных подразделений специальных и воинских подразделений федеральной противопожарной службы, в сферу ведения которых входят вопросы организации и осуществления федерального государственного пожарного надзора (органы ГПН специальных или воинских подразделений ФПС ГПС) [10].

Для авторизации в модуле «Дознание» используются учетные данные, завести

² В данном случае речь идет о распределенной сети, закрытой от внешнего доступа из сети Интернет, с общим контентом, доступ к которому получают ограниченные группы пользователей.

которые необходимо в реестре подразделений и должностных лиц ААС КНД. В рамках перехода на централизованную систему по управлению авторизацией и идентификацией пользователей модуля «Дознание» ААС КНД подключение к ней должно быть обеспечено до завершения ее опытной эксплуатации.

Корректировка функциональных возможностей модуля «Дознание» осуществляется федеральным государственным бюджетным учреждением «Информационно-аналитический центр МЧС России» по заявке ДНПР, согласованной с Департаментом информационных технологий и связи.

Модуль «Дознание» обеспечивает реализацию следующих функциональных возможностей:

- регистрация сообщений о преступлениях в книге регистрации сообщений о преступлениях (КРСП);
- регистрация сообщений о пожарах и иных происшествиях в журнале регистрации сообщений о пожарах и иных происшествиях (ЖРП);
- контроль деятельности дознавателя;
- создание и хранение основных шаблонов документов, ежедневно подготавливаемых дознавателями;
- взаимодействие с экспертами судебно-экспертных учреждений (СЭУ) по локальной сети;
- автоматизация выполнения процессуальных действий и принятия решения;
- переназначение выполнения задач на сотрудников подразделения и начальников других подразделений;
- ведение расследования группой дознавателей;
- ведение реестра материалов предварительных проверок;
- ведение реестра уголовных дел, находящихся в производстве дознавателя;
- ведение журнала учета отказных материалов;
- ведение учета сообщений переданных по территориальности;
- ведение накопительного дела.

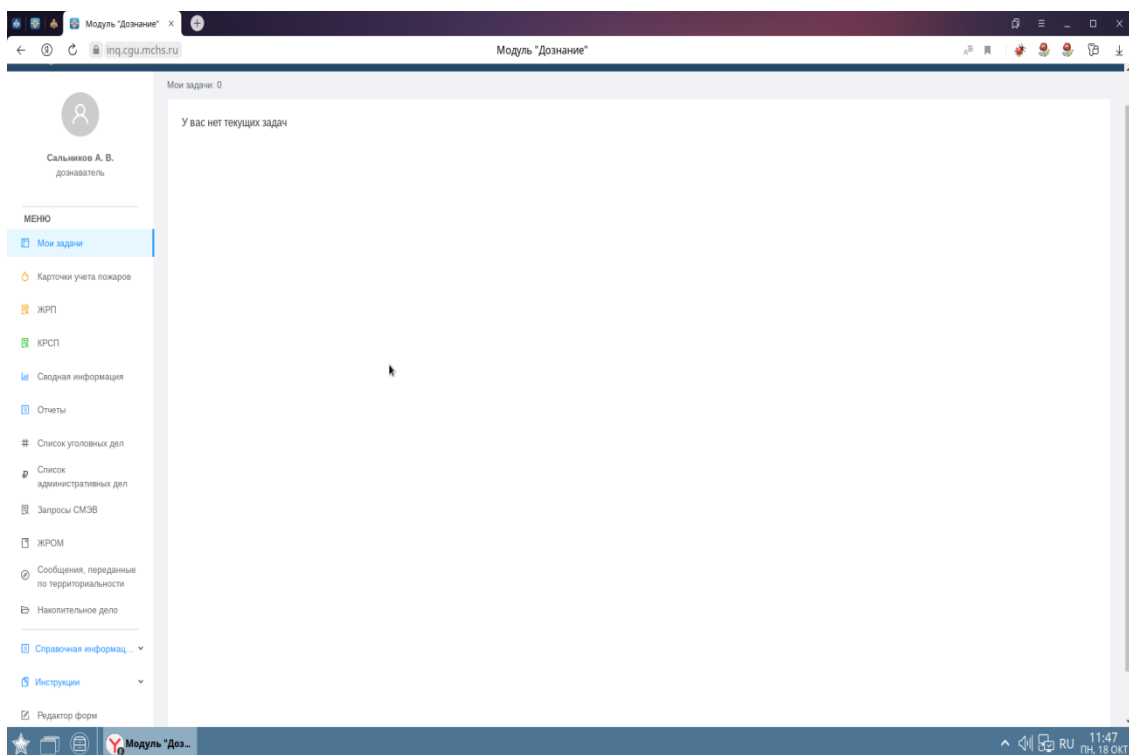


Рис. Скриншот аккаунта авторизованного пользователя модуля «Дознание»

Интерфейс модуля «Дознание» представлен в следующем виде (рис.):

1) «Мои задачи».

В разделе отображаются текущие задачи пользователя. Оранжевым цветом выделены сообщения из ЖРП, зелёным — из КРСП. По каждой задаче пользователь может посмотреть краткое содержание сообщения, нажав на стрелку вниз на значке «Задачи», а также перейти к странице просмотра сообщения. Пользователь может задавать параметры для поиска и сортировки задач. Правее от списка задач расположена форма с действиями по выбранной задаче.

2) «Карточки учета пожаров».

Раздел предоставляет возможность зарегистрировать сообщение в ЖРП на основе выбранной карточки учета пожара. Чтобы зарегистрировать сообщение на основе выбранной карточки учета пожаров, необходимо напротив необходимой карточки нажать на «Зарегистрировать сообщение в ЖРП». При этом откроется форма «Сообщение ЖРП» с заполненными полями из карточки учета пожара.

3) «ЖРП».

Раздел содержит список всех зарегистрированных сообщений о пожарах и иных происшествиях.

4) «КРСП».

Раздел содержит список всех зарегистрированных сообщений о преступлениях.

5) «Список уголовных дел».

Раздел содержит информацию о всех уголовных делах, по которым происходит или уже завершено расследование. Запись на этой странице появляется автоматически после принятия решения о возбуждении уголовного дела.

6) «Список административных дел».

Раздел содержит информацию о всех административных делах, по которым происходит или уже завершена работа. Запись на этой странице появляется автоматически после принятия решения о возбуждении административного дела.

7) «Сообщения, переданные по территориальности».

Раздел содержит сообщения, которые были переданы в это подразделение, а также сообщения, которые это подразделение направило в другой отдел. Запись на этой странице появляется автоматически после принятия решения о передаче сообщения по территориальности.

8) «ЖРОМ».

Запись на этой странице создается автоматически после принятия решения о списании сообщения в журнал регистрации отказных материалов. На странице хранится номер записи и ее дата создания, а также есть возможность перейти к сообщению, по которому была создана запись.

9) «Накопительное дело».

Запись на данной странице создается автоматически после принятия решения о списании сообщения в накопительное дело. Страница содержит информацию о том, кто и когда оформил накопительное дело, какие материалы были приложены, также есть возможность перейти непосредственно к сообщению.

10) «Отчеты».

В настоящий момент раздел находится в разработке. Пока есть возможность формирования только «Акта сверки полноты регистрации сообщений о преступлениях и иных происшествиях».

11) «Сводная информация».

На этой странице отображается текущее количество дел, которые находятся сейчас в производстве. Также здесь можно посмотреть сводную информацию за определенный период. Пользователь с ролью «Начальник» видит всю информацию по своему подразделению, пользователь с ролью «Дознаватель» – только свои дела.

Все действия в модуле «Дознание» построены на логике бизнес-процессов, то есть каждое последующее действие можно осуществить только в строгом соблюдении порядка логической цепочки. На данный момент логика модуля «Дознание» представляется не совсем корректной, поскольку имеет несвоевременные действия (подробнее в разделе 2.3 Проблематика модуля «Дознание» ААС КНД).

2.2. Достоинства модуля «Дознание» ААС КНД.

К безусловным достоинствам модуля «Дознание» как составляющей ААС КНД можно отнести:

- реализацию приоритетного проекта «Совершенствование функции государственного надзора МЧС России в рамках реализации приоритетной программы «Реформа контрольной и надзорной деятельности» [11];
- автоматизацию внедрения риск-ориентированного подхода при осуществлении контрольно-надзорной деятельности;
- автоматизацию планирования профилактических мероприятий;
- систематизацию обязательных требований контрольно-надзорной деятельности;
- взаимосвязь модуля «Дознание» с другими модулями и реестрами;
- снижение процессуальных издержек;
- прозрачность учетно-регистрационных функций;
- простой и доступный контроль за подчиненными подразделениями;
- возможность корректировок и редактирования ошибочных записей.

2.3. Проблематика модуля «Дознание» ААС КНД.

Для того, чтобы модуль «Дознание» имел практическое применение, в нем должна прослеживаться логика проведения доследственных действий и должна быть связь с модулем «Учет пожаров».

Все начинается с регистрации в ЖРП (до карточки учета пожара), после чего решается вопрос о необходимости взятия пожара на учет и, соответственно, выставляется карточка учета пожара. Далее сообщение либо перерегистрируется в КРСП, либо списывается в накопительное дело.

По результатам рассмотрения сообщения, зарегистрированного в КРСП, может быть три решения – возбудить уголовное дело, вынести постановление о передаче его по подследственности или вынести постановление об отказе в возбуждении уголовного дела. При этом третье решение должно автоматически переводить работу в блок журнал регистрации отказных материалов (ЖРОМ). Сейчас такая логика в модуле отсутствует.

При взаимодействии с ответственными техническими сотрудниками ДНПР на заседании рабочей группы было определено, что переделать интерфейс модуля в виде привычных дознавателям «журналов и книг» не представляется возможным, так как техническое задание на данном этапе пересмотреть невозможно. На стадии, предшествующей тестированию, не осуществлялось взаимодействие с субъектовыми профильными отделами административной практики и дознания с целью заранее заложить в базис модуля «Дознание» максимально корректные решения, соответствующие положениям нормативно-правовых актов.

В настоящее время приоритетность модуля «Дознание» ниже, чем у остальных, ввиду чего внесение изменений в интерфейс и функционал модуля предполагает длительные временные рамки.

3. Предложения по доработке функционала и интерфейса модуля «Дознание».

Протестировав интерфейс модуля «Дознание» и его функциональные возможности был выявлен ряд существенных недостатков, которые кардинальным образом влияют на корректность учетно-регистрационной системы в целом.

Перечислим наиболее значимые предложения:

- Предусмотреть в интерфейсе модуля вкладки принятия дальнейших решений по сообщению «ЖРП» в соответствии с приказом МЧС от 2 мая 2006 г. № 270 [1], а именно в виде вкладок следующего содержания:

- 1) перерегистрировать сообщение в КРСП;
- 2) передать сообщение по территориальности/подведомственности;
- 3) списать материалы сообщения в накопительное дело;
- 4) удалить сообщение.

– Убрать вкладки «Назначить экспертизу» и «Сдать в архив» ввиду того, что назначение экспертизы на данном этапе проверки несвоевременно (то есть необходимо переместить вкладку в соответствии с порядком процессуальных действий), а вместо сдачи в архив должна быть предусмотрена процедура списания в накопительное дело.

– Предусмотреть в интерфейсе модуля вкладки принятия дальнейших решений по сообщению «КРСП» в соответствии с положениями ст. 145 УПК РФ [12], а именно в виде вкладок следующего содержания:

- 1) возбудить уголовное дело;
- 2) отказать в возбуждении уголовного дела (ВУД);
- 3) передать сообщение по подследственности.

– Предусмотреть автоматические присвоения порядковых номеров в разделах «ЖРП» и «КРСП» в соответствии с очередностью вводимых сведений. В рамках этого же вопроса необходимо предусмотреть, чтобы у каждого территориального отделения надзорной деятельности (ТОНД) был отдельный автоматический подсчет номеров, чтобы в перспективе администраторы управлений надзорной деятельности (УНД) могли произвести фильтрацию сведений необходимого подразделения, предварительно выбрав его в отдельном выпадающем списке.

– Выполнить графу «Исходящий № материалов накопительного дела» не обязательной для заполнения. Добавить перед этой графой отметку «Передача по подследственности / территориальности» и только в этом случае предлагать заполнение графы «Исходящий № материалов накопительного дела».

– Предусмотреть в разделе «Отчеты» формирование основных отчетов (такие как 2-ГПН) и конструктор отчетов, то есть возможность формировать форму и осуществлять выгрузку необходимого отчета, исходя из заданных параметров (по аналогии с запросным модулем учета пожаров и их последствий).

– Предусмотреть сопряжение поля «Номер КУП» при редактировании сообщения в разделе «КРСП» с модулем учета пожаров и их последствий в виде возможности выбора ЭКУП из выпадающего списка, при вводе № ЭКУП.

– Предусмотреть в блок схеме бизнес-процессов в разделе «Регистрация сообщения» помимо раздела «Заявитель пришел лично» предусмотреть раздел (в соответствии со ст. 140 УПК РФ [12]) «Выявлено сообщение о преступлении органом ГПН ФПС» – «Сообщение о совершенном или готовящемся преступлении, полученное из иных источников», то есть третье основание для возбуждения уголовного дела.

– Предусмотреть в блок схеме бизнес-процессов в разделе «Регистрация сообщения» помимо раздела «Заявитель пришел лично» четвертое основание для возбуждения уголовного дела (в соответствии со ст. 140 УПК РФ [12]) – «Постановление прокурора о направлении соответствующих материалов в орган предварительного расследования, для решения вопроса об уголовном преследовании».

– Предусмотреть в модуле новый раздел «Контрольные сроки проверок», в котором для каждого территориального отдела надзорной деятельности отдельно предусмотреть:

- 1) уведомление об окончании сроков проверки для сотрудника, осуществляющего проверку по сообщению (с дублированием в раздел «Мои задачи»);
- 2) уведомление об окончании сроков проверки для начальника территориального подразделения в разделе «Все задачи».

Представить указанное в виде списка (№ КРСП, дата сообщения, адрес и т.д., срок продления), выделив при этом (например, красным цветом) сообщение, срок проверки по которому истекает в ближайшее время (срок проверки 3 дня – за 1 день; срок продлён до 10 сут – за 2 дня; срок продлён до 30 сут – 3–4 дня).

– Предусмотреть отображение сводных данных за каждый территориальный отдел надзорной деятельности. То есть при выборе одной из позиций (путем нажатия кнопки мыши) предлагается отображать соответствующую информацию за подразделение (в случае использования данного раздела сотрудниками территориальных отделов). У администраторов и сотрудников аппарата Главного управления данная информация должна отображаться за область в целом, а также должен быть предусмотрен выпадающий список с наименованиями подразделений для проведения качественно-количественного анализа показателей каждого подразделения.

Стоит отметить, что в адрес ДНПР также были направлены предложения по дополнению функционала модуля «Дознание» справочниками и иными информационными сборниками³, в частности:

- телефонный справочник органов и подразделений дознания ГПН ФПС МЧС России по субъектам Российской Федерации;
- классификатор кодов подразделений органов дознания для присвоения номеров уголовных дел;
- информационный сборник наиболее сложных по расследованию уголовных дел за последние 10 лет (включая обезличенную документацию, содержащую неспецифическую информацию, выявленную дознавателями);
- информационный сборник опыта расследования преступлений, связанных с природными пожарами.

Помимо прочего, вносятся изменения и в формы документов. Отметим, что перечень указанных предложений не является исчерпывающим.

4. Выводы.

На данном этапе модуль «Дознание» является программным обеспечением, нуждающимся в дальнейшей доработке.

С учетом вышеизложенных недостатков, тестирование модуля завершается на стадии создания сообщения в одном из разделов (ЖРП или КРСП).

Таким образом, пока не будут реализованы основные предложения по внесению изменений в логику «бизнес-процессов» и в интерфейс модуля, дальнейшее тестирование функциональных возможностей модуля представляется тупиковым.

Литература

1. Об утверждении инструкции о порядке приема, регистрации и проверки сообщений о преступлениях и иных происшествиях в органах государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 2 мая 2006 г. № 270. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Автоматизированная аналитическая система поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России (ААС КНД) / Д.М. Порсов [и др.]: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018617462. Рос. Федерация № 2018612050; заяв. 26.02.18; опубл. 25.06.18. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Кузьмина Т.А., Сальников А.В., Маер О.М. К вопросу цифровизации федерального государственного пожарного надзора // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2021. С. 19–21.

³ Предложения отдела административной практики и дознания управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Нижегородской области в адрес Департамента надзорной деятельности и профилактической работы по доработке интерфейса и функциональных возможностей модуля «Дознание» ААС КНД (по форме Приложения № 1 рабочей группы).

4. Романская В.А. Цифровизация государственного пожарного надзора // Информационные технологии как основа прогрессивных научных исследований: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Пермь, Уфа: ООО «Аэтерна», 2020. С. 198–200.
 5. Седнев А.В., Седнев В.А. Пути повышения эффективности использования и обеспечения безопасности информации в организационных структурах. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф: в 3-х ч. 2020. Ч. 2. С. 50–58.
 6. Бобров А.И., Чуйков А.М., Кузьмина Т.А. Информатизация процессов надзорной деятельности в МЧС России. Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 18 апр. 2019 г. Воронеж: Воронежский ин-т – филиал Ивановской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2019. С. 43–45.
 7. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ (с изм. и доп.) (ст. 17, ст. 21, ст. 96). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 8. Об утверждении Ведомственной программы цифровой трансформации МЧС России на 2021 г. и на плановый период 2022 и 2023 гг.: распоряжение МЧС России от 20 окт. 2021 г. № 917. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 9. Сальников А.В., Кузьмина Т.А. Достоинства и потенциальная проблематика Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) в Российской Федерации» // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2021. № 1. С. 10–18.
 10. О федеральном государственном пожарном надзоре (вместе с «Положением о федеральном государственном пожарном надзоре»): постановление Правительства Рос. Федерации от 12 апр. 2012 г. № 290 (с изм. и доп.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 11. Совершенствование функции государственного надзора МЧС России в рамках реализации приоритетной программы Реформа контрольной и надзорной деятельности: паспорт реализации проекта утв. протоколом засед. проект. комитета от 13 февр. 2018 г. № 1. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 12. Уголовно-процессуальный кодекс Рос. Федерации от 18 дек. 2001 г. № 174-ФЗ (с изм. и доп.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
-
-

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

УДК 614.841.45

УСТАНОВЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ г. УФЫ

Л.С. Сафина;

Ш.Б. Байгишиев;

Н.В. Зюзина;

Ш.А. Эльгукаев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены некоторые аспекты пожарной опасности при строительстве и эксплуатации высотных жилых зданий. Предложены пути их решения.

Ключевые слова: высотные здания, противопожарная защита, требования пожарной безопасности, пожарная опасность

В настоящее время увеличение стоимости земли, ее дефицита на территории большого города для жилых и офисных помещений неизбежно приводит к тому, что требуется строительство высотных многоэтажных зданий. К таким зданиям предъявляются повышенные требования надежности и пожарной безопасности и, в частности, к системам противопожарной защиты [1].

Недостаточность отечественного опыта в этом виде строительства и отсутствие обоснованных и четко сформулированных правовых норм накладывают определенные трудности при решении стоящих перед архитекторами, проектировщиками и строителями задач. Рассмотрим эти проблемы на примере г. Уфы.

Уфа с каждым годом активно растет вверх, количество зданий повышенной этажности увеличивается. Среди высотных зданий г. Уфы имеются здания высотой более 50 м [2]. Это объекты с массовым пребыванием людей, имеющих помещения для их проживания и (или) деятельности.

Большая часть высотных домов г. Уфы имеют 19–20 этажей. 15 зданий городской застройки имеют 21–24 этажа, 16 зданий – 25 этажей, 9 – 26-этажных. Сегодня в среднем высота зданий в г. Уфе не превышает 23–24 этажа, причем даже в случае большей этажности многие здания достигают стандартных для высоток размеров 75 м за счет цокольных этажей, необходимость в которых возникает из-за рельефа местности.

Вместе с тем 31,6 % от всей площади жилищной застройки Республики Башкортостан составляют жилые дома от 9 до 12 этажей [3]. 24,5 % составляют жилые дома высотой 25 и более этажей, для сравнения на территории всей Российской Федерации данный показатель остановился на уровне 13,2 %.

В последние годы в г. Уфе активно развивается высотное домостроение, так как возросла потребность в площадях для застройки при большом их дефиците и стоимости земли на территории Республики Башкортостан.

К наиболее высоким зданиям, построенным на территории г. Уфы, относятся построенный еще в 1999 г. 26-этажный офис банка Уралсиб общей высотой 100,5 м и возведенный в 2018 г. жилой комплекс «Idel Tower», имеющий 31 этаж и высотность 102,3 м, (по первоначальному проекту, его высота планировалась 155 м, а количество этажей достигало 42, но окончательный вариант был переработан в сторону уменьшения) [4].

Главная положительная сторона высотной застройки в городской среде – это эффективное использование городской территории и экономия затрат на создание инфраструктуры, в связи с тем, что подвод всех коммуникаций к высотному зданию значительно экономичнее, чем подвод к пятиэтажному жилому дому в расчете на квадратный метр площади.

Второй плюс – экологичность верхних этажей из-за отсутствия загазованности и шума. Нельзя не упомянуть, что высотные здания являются украшением городской застройки, они придают городу выразительность и современность.

К минусам высотного строительства относятся: дополнительные меры по стабилизации конструкций стен, испытывающих колоссальную нагрузку; увеличение количества лифтов (согласно требованиям, не менее трех). Лифтовая кабина, которая поднимается на 12 этажей, имеет трос весом 5–6 т, тогда как для 30-этажного дома это уже 15 и более тонн и значительно большие затраты электроэнергии [5]. Необходимо предусмотреть в сложных зданиях при высоте более 75 м пожаробезопасный разделительный этаж, куда в случае чрезвычайной ситуации смогут спуститься или подняться люди до эвакуации, и вертолетную площадку, а также отдельное помещение для дополнительных насосных станций для перекачки воды (при этажности здания более 12 этажей). Нельзя забывать, что в целях обеспечения противопожарной защиты подоконник самого верхнего жилого этажа должен находиться не выше 70 м (предельная длина пожарной лестницы) от того места, куда заезжает пожарная машина.

При тушении пожаров в высотных зданиях основными критическими факторами являются [6]:

- большая скорость вертикального развития пожара;
- создание плотного задымления по всей высоте здания, а также быстрое распространение опасных факторов пожара по вертикали;
- пожары в таких зданиях представляют большую сложность для пожарно-спасательных подразделений;
- блокирование эвакуационных путей опасными факторами пожара.

Категория риска, в том числе пожар, представляет большую опасность для людей и повышается с каждым этажом высотного здания. За последнее время в зданиях высотой более 25 м и в жилых домах более 10 этажей произошло 62 пожара [7].

К современным высотным зданиям предъявляются серьезные требования пожарной безопасности. Прежде всего, они должны быть выполнены из огнестойких конструкций и материалов, утеплитель должен быть внутри стен, а не на фасаде под плиткой или сайдингом. В таких зданиях минимальная ширина коридоров и маршей должна быть не менее 1,2 м. Если высотное здание относится к категории общественных зданий, в нем также необходимо предусмотреть автоматическую пожарную сигнализацию и пожарные гидранты [8].

В последнее время в строящихся высотных жилых домах и офисных зданиях г. Уфы практикуется установка автоматических датчиков пожарообнаружения не только по местам общего пользования, но и по квартирам и помещениям, оперативно оповещающих жильцов о возникновении пожара. Новинкой современных технологий является пиростикер – автономное устройство тушения пожара с термоактивирующим огнетушащим веществом. Пиростикер целесообразно размещать в пожароопасных местах, например электрощитовых, там где причиной пожара может стать электрооборудование.

Во время пожаров подразделениями МЧС России применяются различные технологии спасения людей: автолестницы, коленчатые автоподъемники, комплексы спасательного снаряжения, газодымозащитные автомобили.

На вооружении Главного управления МЧС России по Республике Башкортостан имеется специальная пожарная техника для спасения людей, к подъемной люльке крепится специальный трап, по которому можно обеспечить спуск людей с верхних этажей (рис. 1), а также вертолет МИ-8 для тушения наружного пожара верхних этажей высоток [9].



Рис. 1. Спасательный рукав

Все эти меры безопасности, как показывает практика, не гарантируют отсутствие пожаров в многоэтажных высотных зданиях г. Уфы, главной причиной которых остается человеческий фактор.

Наглядным примером может служить пожар в 2016 г. 13-этажного строящегося здания бизнес-центра Башкирской генерирующей компании на ул. Р. Зорге, д. 3 (рис. 2).



Рис. 2. Пожар здания бизнес-центра Башкирской генерирующей компании

Прибывшие пожарные расчеты не могли оперативно справиться со стихией, пожарные лестницы не доставали до верхних этажей, куда огонь быстро распространялся. Ущерб от пожара колоссальный, один человек погиб и 5 пострадавших [10].

Обобщив вышесказанное, можно сделать вывод:

- высотные здания, независимо от их функционального назначения, одни из самых сложных объектов в работе спасателей, они имеют высокую степень потенциальной пожароопасности;
- применяемые в настоящее время меры по обеспечению пожарной безопасности и защищенности высотных зданий имеют большие пробелы и недостаточны.

Очевидна необходимость постоянно проводить работу по совершенствованию технических решений и мероприятий в области обеспечения пожарной безопасности высотных жилых зданий.

Предлагается находить решения не только за счет оснащения современными образцами пожарной техники подразделений пожарной охраны гарнизона, так как такой способ не всегда эффективен в связи с тем, что здания строятся высотой более 55 м. Необходимо также сосредоточить внимание на обеспечении внутренних систем противопожарной защиты: автоматических установок пожарной сигнализации, автоматических установок пожаротушения, комплексной противодымной защиты, системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией, внутреннего противопожарного водопровода и пожарных лифтов.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. СП 477.1325800–2020. Здания и комплексы высотные. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. СП 54.13330–2016. Здания жилые многоквартирные // Гарант: информ. правовое обеспечение. М., 2019.
4. Первый небоскреб ... URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2700022> (дата обращения: 20.10.2021).
5. ГОСТ 22845–2018. Лифты электрические. Монтаж и пусконаладочные работы. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Кирюханцев Е.Е., Иванов В.Н. О повышении эффективности тушения пожаров в высотных зданиях. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2011.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2020 г.: стат. сб. / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2021. 112 с.
8. СП 484.1311500–2020. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Устройства рукавные спасательные. URL: <https://ru-bezh.ru/ekspertyi-vniipo/26391-ustrojstva-rukavnyie-pozharno-spatatelnyie> (дата обращения: 20.10.2021).
10. Пожар в строящемся доме... URL: <https://ufa.bezformata.com/listnews/pozhara-v-stroyashemsya-biznes-tcentre/50968249/> (дата обращения: 20.10.2021).

УДК 536.24

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПАРОТУШЕНИЯ ПОЖАРА

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена математическая модель расчета процесса конденсации водяного пара, используемого для тушения пожара. Математическая модель реализована в виде программы для ЭВМ. Приведены результаты моделирования процесса конденсации. Объектом исследования является водяной пар. Методом исследования являются вычислительные эксперименты на компьютерной модели.

Ключевые слова: водяной пар, процесс конденсации, математическая модель, вычислительные эксперименты, программа для ЭВМ

Введение

Многие современные предприятия имеют в своем составе различные системы обогрева помещений за счет использования котельных установок различной производительности пара, который можно использовать при тушении пожара в помещениях. Процесс разбавления водяным паром воздуха в горящем помещении может быть использован для тушения пожара за счет снижения концентрации кислорода в воздухе, поступающем в зону горения. «При достижении объемной концентрации водяного пара около 30 % начинается затухание процесса горения» [1].

При подаче водяного пара в горящее помещение, которое происходит обычно в начальный период развития пожара, температура на стенах помещения может быть ниже температуры насыщения водяного пара. В этом случае происходит конденсация водяного пара на стенах помещения, что приводит к снижению объемной концентрации пара в помещении. В результате, парогасительный эффект снижается, что требует подачи в горящее помещение дополнительного количества водяного пара.

Сформулируем постановку задачи: Нужно произвести моделирование процесса конденсации водяного пара на вертикальной поверхности (стене помещения с очагом пожара).

Объект исследования – водяной пар, который поступает в помещение для тушения пожара за счет снижения концентрации кислорода в воздухе.

Метод исследования – вычислительные эксперименты на разработанной компьютерной модели процесса конденсации водяного пара, реализованной в виде программы для ЭВМ.

Моделирование процесса паротушения

При моделировании процесса паротушения приняты следующие допущения:

- процесс паротушения считается стационарным;
- процесс конденсации водяного пара считается не зависящим от ориентации поверхности стен в пространстве;
- температура поверхности стен, пола и потолка помещения считается одинаковой во всех точках поверхности.

При конденсации водяной пар, соприкасаясь с поверхностью помещения, имеющей температуру ниже температуры насыщения водяного пара, превращается в жидкость, отдавая поверхности скрытую теплоту конденсации. При этом обычно различают два режима конденсации:

- капельный режим, при котором конденсат осаждается на поверхности в виде отдельных капель жидкости;
- пленочный режим, при котором осаждение конденсата происходит в виде пленки жидкости.

При капельном режиме конденсации водяного пара коэффициент теплоотдачи выше, чем при пленочном режиме. Однако такой режим конденсации является неустойчивым и наблюдается редко.

Большое значение на интенсивность теплоотдачи при конденсации оказывает содержание в паре газов, которые могут скапливаться у поверхности конденсации и за счет малого значения своей теплопроводности уменьшают значение коэффициента теплоотдачи при конденсации. Так, например, наличие в водяном паре воздуха может уменьшать коэффициент теплоотдачи при конденсации примерно на 50 %.

При конденсации водяного пара на стенах горящего помещения расход конденсата может быть определен по формуле:

$$G_K = Q/R, \text{ кг/с,}$$

где Q – количество выделившегося при конденсации пара тепла, Вт; R – теплота парообразования, Дж/кг.

Количество выделившегося тепла при конденсации пара может быть определено по формуле:

$$Q = \alpha * F * \Delta T,$$

где α – коэффициент теплоотдачи водяного пара, Вт/м²/К; F – площадь поверхности конденсации водяного пара, м²; ΔT – разность температур насыщения водяного пара и поверхности конденсации (стенки помещения) К:

$$\Delta T = T_H - T_{CT}.$$

Температура насыщения T_H смеси водяного пара и воздуха в помещении равна точке росы влажного воздуха. Объемная концентрация водяного пара в воздухе, равная 30 %, может быть достигнута при парциальном давлении водяных паров $P_H = 0,3$ (бар или кг/см²) = $0,3 * 10^5$ (Па или Н/м²) и парциальном давлении воздуха 0,7 бар. Таким параметрам соответствует точка росы, равная 343 К или 70 °С.

Теплота парообразования для водяного пара в диапазоне температур от 20 °С до 100 °С меняется от 2540 до 2250 кДж/кг.

Для горизонтальных поверхностей (пол и потолок горящего помещения) и вертикальных поверхностей (стены горящего помещения) коэффициенты теплоотдачи различны и определяются по разным формулам:

– горизонтальные поверхности (пол и потолок):

$$\alpha = 0,15 * (\lambda_{ж}/L) * [Ga * Pr * (1 - \rho_{п}/\rho_{в})]^{0,25},$$

где $\lambda_{ж}$ – коэффициент теплопроводности жидкости (воды), Вт/м/К; L – линейный размер поверхности теплообмена, м; Ga – число Галилея; Pr – число Прандтля; $\rho_{п}$ – плотность водяного пара, кг/м³; $\rho_{в}$ – плотность воздуха в горящем помещении, кг/м³;

– вертикальные поверхности (стены помещения):

$$\alpha = 1,33 * [R * \rho_{ж}^2 * g * \lambda_{ж}^3 / (4 * \mu_{ж} * \Delta T * L)]^{0,25},$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости (воды), кг/м³; g – ускорение силы тяжести, м/с²; $\mu_{ж}$ – динамический коэффициент вязкости жидкости, кг/м/с.

Используемые в формуле для расчета коэффициента теплоотдачи для горизонтальных поверхностей безразмерные числа определяются по формулам:

– число Галилея – $Ga = L^3 * g / \nu^2 = L^3 * g * \rho^2 / \mu^2$;

– число Прандтля – $Pr = \mu * c_p / \lambda$,

где c_p – удельная теплоемкость, Дж/кг/К.

Число Галилея показывает соотношение между силами гравитации и силами вязкости в среде. Число Прандтля характеризует меру подобия полей скоростей и температур среды.

Моделирование процесса конденсации водяного пара

Известны программы для ЭВМ, реализующие компактные аналитические зависимости для машинных расчетов теплофизических свойств системы «пар-вода» [2–9]. Интерфейс такой программы представлен на рис. 1.

Для определения теплофизических свойств воды и водяного пара создана международная система уравнений, имеющая высокую точность и описывающая широкую область изменения параметров. Однако во многих встречающихся на практике случаях параметры воды и водяного пара изменяются в сравнительно узких пределах. Поэтому использование международных уравнений, содержащих большое количество констант

с 10-ю десятичными разрядами, не представляется целесообразным. В этом случае можно воспользоваться компактными аналитическими зависимостями для машинных расчетов теплофизических свойств системы «пар-вода», в которых теплофизические свойства явно выражены через основные расчетные параметры (давление, энтальпия, температура).

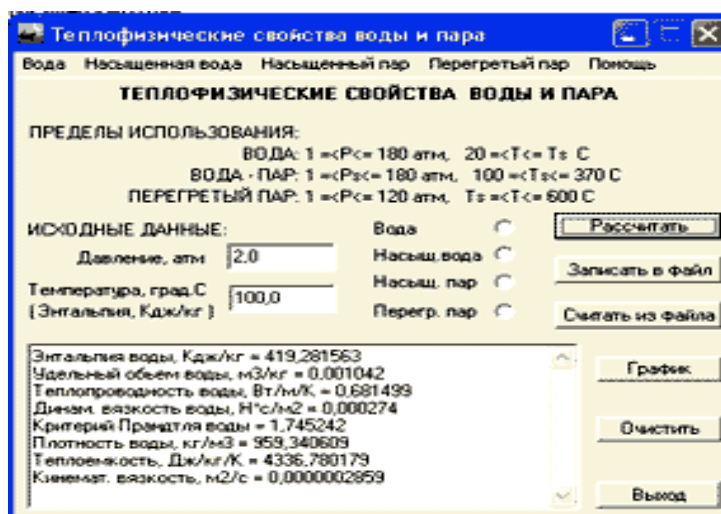


Рис. 1. Интерфейс программы расчета теплофизических свойств

Пределы использования программы расчета теплофизических свойств:

- вода: давление $1 < P < 180$ бар;
температура $20 < T < T_s$ °C;
- вода-пар: давление $1 < P_s < 180$ бар;
температура $100 < T < 370$ °C;
- перегретый пар: давление $1 < P < 120$ бар;
температура $T_s < T < 600$ °C.

Результаты расчетов теплофизических свойств выводятся в файл, а также могут быть оформлены в виде графика (рис. 2).



Рис. 2. Графическое представление результатов расчета

Расчет коэффициентов теплоотдачи может быть выполнен с использованием программы для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 3. В программе моделируются различные теплообменные процессы – конвекция, кипение и конденсация, а также обтекание продольное и поперечное, свободная конвекция и вынужденное движение. Типы сред – вода

и однокомпонентные промышленные газы. В программе используется 24 методики расчета коэффициента теплоотдачи.

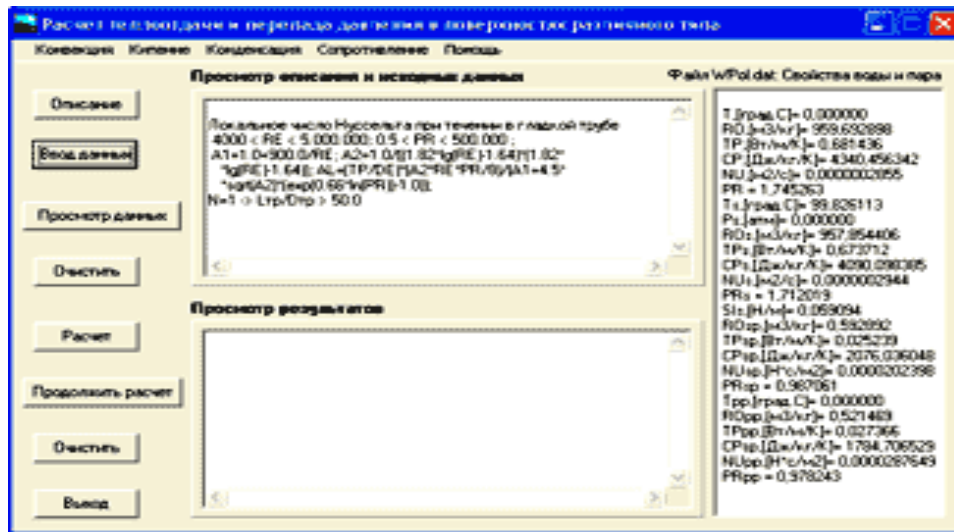


Рис. 3. Интерфейс программы расчета коэффициента теплоотдачи

Блок-схема событий интерфейса программы расчета коэффициента теплоотдачи представлена на рис. 4.



Рис. 4. Блок-схема событий интерфейса программы

Исходными данными являются термодинамические и режимные характеристики среды и необходимые конструктивные параметры. Термодинамические параметры среды (плотность, вязкость, теплоемкость, теплопроводность, поверхностное натяжение) должны быть рассчитаны предварительно и записаны в файл, который может быть введен в данную программу. Рассмотрим пример расчета процесса конденсации.

Исходные данные – свойства воды на линии насыщения:

- давление среды $P = 1$ бар;
- характерный размер $L = 3$ м;
- теплота парообразования $R = 2,25 \cdot 10^6$ Дж/кг;
- кинематическая вязкость среды (воды) $\nu = 2,94$ м²/с;
- динамическая вязкость среды $\mu = 2,8 \cdot 10^{-4}$ Па*с;
- теплопроводность среды $\lambda = 0,68$ Вт/м/К.

Результаты расчета: коэффициент теплоотдачи при конденсации на вертикальной поверхности сухого насыщенного пара $\alpha \approx 370 \text{ Вт/м}^2/\text{К}$.

Вывод

Выполнено компьютерное моделирование процесса конденсации водяного пара на вертикальной поверхности (стене помещения с очагом пожара). Водяной пар поступает в помещение для тушения пожара за счет снижения концентрации кислорода в воздухе. Конденсация водяного пара на стенах помещения приводит к снижению объемной концентрации пара в помещении. В результате парогасительный эффект снижается, что требует подачи в горящее помещение дополнительного количества водяного пара.

Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в создании автором компьютерной модели процесса конденсации водяного пара, реализованной в виде программы для ЭВМ.

Литература

1. Кошмаров Ю.А. Теплотехника. М.: ИЦ «Академкнига», 2007.
2. Кондратьев В.Н., Лабинский А.Ю. К вопросу автоматизации расчетов теплообменной аппаратуры // Химическое и нефтяное машиностроение. 1993. № 6.
3. Лабинский А.Ю. Проектирование теплообменных аппаратов средствами Delphi: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т МЧС России, 2012.
4. Теплотехника. Практический курс / Г.А. Круглов [и др.]. М.: Лань, 2017.
5. Christian W. Technische Wärmelehre. Leipzig, 2014.
6. Technische Thermodynamik. Dresden: Verlag Theodor Steinkopf, 2015.
7. Webster's. New Riverside University Dictionary. The Riverside Publishing Company, 2017.
8. Webster's Desk Dictionary of the English Language. The Portland House (Firm), 2015.
9. Большой русско-английский словарь. М.: Русский язык, 2017.

УДК 614.814.41:66.045.3

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ВОЛОКНИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОГЕЛЕЙ

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

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

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описан лабораторный эксперимент, отвечающий на вопрос, в какой мере использование аэрогеля в структуре волокнистых теплоизолирующих материалов позволяет сохранять огнестойкость защищаемых конструкций в случае воздействия на открытую поверхность теплоизоляции потока воды в ходе процесса пожаротушения. Для испытаний выбран волокнистый материал гибкой теплоизоляции Alison Aerogel DRT 0610, изготовленный на основе аэрогелей SiO_2 . Результаты, полученные в ходе проведения измерений, показывают, что различия температурных полей в сухом и «мокром» образце не выходят за рамки приборных погрешностей. Это доказывает гидрофобные свойства волокнистых теплоизолирующих материалов на основе аэрогелей.

Ключевые слова: волокнистый пористый теплоизоляционный материал, аэрогель, огнестойкая конструкция, теплоизоляция, гидрофобность

Безопасная работа различных конструкций в условиях пожара может быть обеспечена их изоляцией от воздействия опасных факторов пожара с применением химически стойких материалов небольшой плотности.

Изучение отечественных и зарубежных источников [1–6] дает основание предполагать, что наилучшие перспективы работы в высокотемпературной агрессивной среде имеют теплоизоляционные материалы с волокнистой структурой на стеклянной, минеральной или другой керамически-оксидной основе. Такие материалы сохраняют свои теплоизоляционные свойства в окислительной атмосфере пожара для температур продуктов горения, достигающих значений 800 °С. Материалы с волокнистой структурой используются для изготовления теплоизоляционных гидрофобных оболочек строительных конструкций и конструктивно реализуются в виде плоских матов или цилиндрических скорлуп.

Современная промышленность предлагает достаточно широкий диапазон разнообразных видов волокнистых теплоизоляционных материалов, которые отличаются видом базовых минеральных волокон и характеризуются максимальной рабочей температурой и теплопроводящими свойствами.

По величине рабочих температур из номенклатуры волокнистых теплоизоляционных материалов можно выделить четыре основные группы:

- среднетемпературные материалы, у которых максимальное значение рабочих температур ограничено значением 700 °С, к которым относятся асбестовые изделия общего назначения, а также минеральная вата и стекловата;
- огнеупорные волокнистые изоляционные изделия, у которых максимальное значение рабочих температур достигает значения 1750 °С и в состав которых входят окись кремния, двуокись алюминия, окись магния, диоксид циркония и др.;
- высокоогнеупорные изоляционные конструкции, у которых максимальное значение рабочих температур находится в пределах 2300–2500 °С, которые основаны на использовании корунда, магнезита, оксидов бериллия, скандия;
- особо высокоогнеупорные изоляционные конструкции, у которых максимальное значение рабочей температуры превышает 2500 °С, которые изготавливаются на основе создания углеграфитовых структур [2].

Учитывая возможные значения параметров состояния продуктов горения, образующих в ходе пожара, наиболее актуальными материалами для защиты строительных конструкций представляются волокнистые теплоизоляционные материалы первых двух групп.

Основные технические требования, предъявляемые к подобным материалам, включают в себя незначительную плотность, высокие теплоизоляционные свойства, малая интенсивность дымовыделения, способность к самозатуханию при внешнем воздействии пожара. Таким условиям должны соответствовать все компоненты, составляющие теплоизоляционную систему строительной конструкции [7].

Гигроскопичность традиционных волокнистых теплоизоляционных материалов предполагает создание водонепроницаемой оболочки на наружной поверхности слоя теплоизоляции, так как воздействие воды, обычно используемой в процессе пожаротушения, может привести к набору влаги. Процесс набора влаги приводит не только к существенному ухудшению теплоизоляционных свойств материала, но может также привести к критическому увеличению веса слоя теплоизоляции и возможному его механическому разрушению [5].

Использование традиционных полимерных материалов, таких как полиэтилен, для формирования водонепроницаемой оболочки теплоизоляционного мата к настоящему моменту в силу целого ряда причин (механическая прочность, незначительная термостойкость, излишняя термопластичность) уже не вполне удовлетворяет требованиям обеспечения пожарной безопасности. Поэтому к настоящему моменту предложен ряд решений, позволяющих избежать использования полимерных оболочек в обеспечении влагоизоляции волокнистых теплоизоляционных матов.

Так авторами [8] предложена тепловлагозащитная конструкция, представляющая собой многослойный ламинат, включающий в себя водозащитный слой толщиной 6–25 мкм, неорганический волокнистый слой толщиной 7–76 мкм и пленки из термопластичного материала толщиной более 25 мкм. Подобный многослойный ламинат прикрывает от теплового и влажностного воздействия пожара внутренний мат. Схема подобной тепловлагозащитной конструкции представлена на рис. 1.

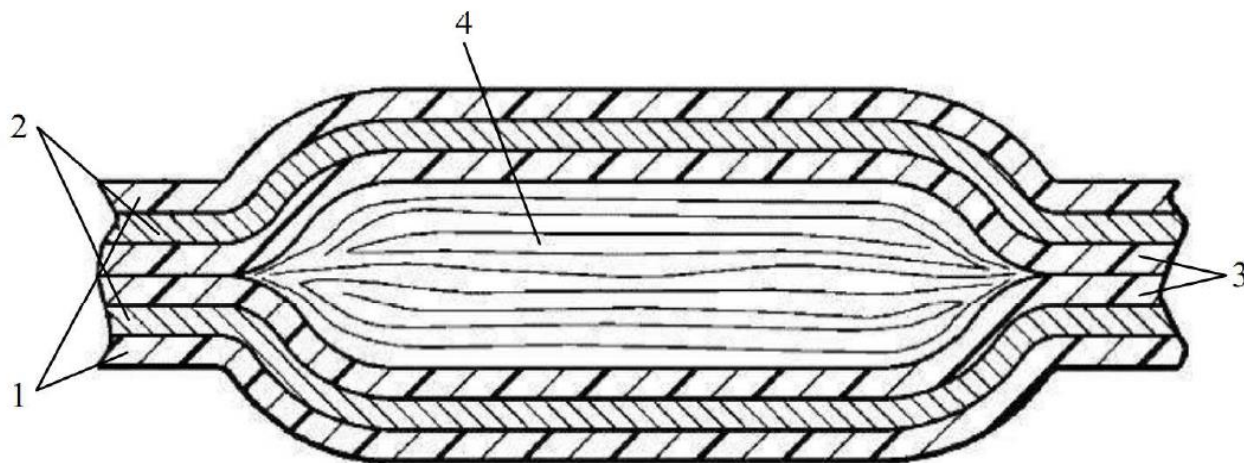


Рис. 1. Схема многослойной тепло-влажностной защиты: 1 – водозащитный слой; 2 – неорганический защитный слой; 3 – пленка из термопластичного материала; 4 – внутренний мат из неорганических волокнистых материалов

Водозащитный слой 1, изготовленный из фторполимеров или полиамидов, задерживает инфильтрацию влаги во внутренний мат 4, а также поддерживает необходимую прочность многослойного ламината в целом. Возможна также металлизация наружной поверхности водозащитного слоя 1 или его покрытие политетрафторэтиленом.

Неорганический защитный слой 2 представляет собой армирующую сетку из неорганического волокна с нанесенным на нее слоем слюды или вермикулита и предназначен для защиты от непосредственного воздействия открытого пламени пожара или продуктов горения на термопластичную пленку 3.

Внутренний мат 4 изготавливается из стеклянных, армидных, керамических, кварцевых, углеродных и других неорганических волокнистых материалов.

В работе [9] описана многослойная тепловлагозащитная конструкция, состоящая из волокнистого тепловодозащитного слоя и гибкой трехслойной составляющей, препятствующей дальнейшему распространению пожара. Такая многослойная конструкция представлена на рис. 2.

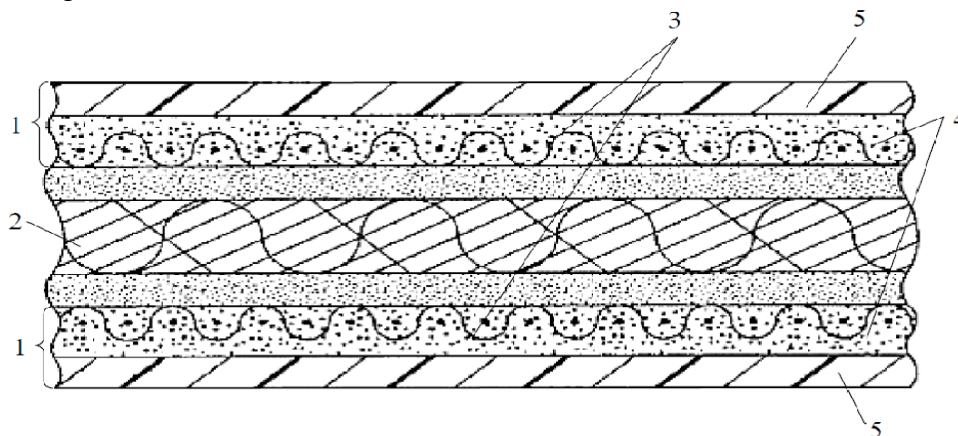


Рис. 2. Гибкая трехслойная огнестойкая конструкция: 1 – слой полимерных материалов; 2 – неорганический волокнистый материал; 3 – сеточный слой; 4 – негорючий склеивающий компонент; 5 – слой наружной облицовки

Гибкая трехслойная огнестойкая конструкция имеет симметричную структуру из двух слоев полимерных материалов 1, армированных сеткой, и расположенного между ними слоя неорганического волокнистого материала 2. Предполагается, что полимерный материал, составляющий слой 1, остается стабильным до температуры 350 °С и обеспечивает необходимую гидроизоляцию теплоизоляционного слоя 2. Такими свойствами обладают, например, полиамидные смолы.

Армирующая сетка 3, представляет собой плетеную конструкцию, выполненную из нейлона, стекловолокна или полиэфира, что обеспечивает ей необходимую механическую прочность. Сетка приклеивается к полимерному материалу с использованием негорючего связующего вещества.

Теплоизоляционный слой 2 состоит из высокотемпературных волокон, которые сопротивляются плавлению и горению вплоть до температур 550 °С. В качестве таких волокон предлагается использовать стеклянные, арамидные, нитридные, алюмосиликатные как в виде нетканых структур, так и в виде ткани.

Все подобные многослойные конструкции с позиции обеспечения пожарной безопасности обладают определенным недостатком: защита от проникновения влаги в теплоизоляционный слой обеспечивается наружным полимерным слоем, который, в свою очередь, подвергается непосредственному воздействию продуктов горения и может разрушиться уже на начальной стадии пожара по достижению температуры 250–350 °С. Разрешить это противоречие может использование для защиты конструкций на пожаре волокнистых теплоизоляционных материалов с применением аэрогелей, поскольку в современных научно-технических источниках публикуется все больше работ, например [10–16], в которых анализируются различные аспекты применения аэрогелей, позволяющих совершенствовать структуру композиционных материалов.

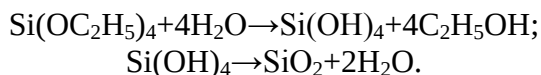
К аэрогелям относятся материалы, у которых сформирована открытая структура, размеры пор в которой находятся в микро- и даже нанодиапазоне, а, собственно, значение пористости может превысить 90 %. Высокопористый каркас аэрогеля образуется связями микрочастиц неорганического вещества, а поры заполняются воздухом либо другим химически инертным газом [10].

Технология изготовления аэрогелей предполагает наличие двух основных процессов:

- золь-процесс, заключающийся в формировании гель-состояния в благоприятной среде, образованной специальным растворителем;
- сушка полученного геля до состояния аэрогеля в соответствующих условиях.

Механическая устойчивость структуры аэрогеля зависит от прочности каркаса, образованного в процессе формирования кластера, содержащего наноструктурированную решетку на основе силоксановых связей Si-O-Si. Это происходит в ходе гидролиза и последующей конденсации молекул прекурсора на основе соединений, содержащих кремний [11].

Исходным сырьем в золь-процессе обычно являются производные алкосилианов, например тетраэтоксисилан, что обуславливает невозможность их смешивания с водой, поэтому гомогенность получаемой смеси обеспечивается применением различных спиртов, например:



Важным условием формирования высокопористого каркаса аэрогеля является поддержание сверхкритических условий в процессе сушки, в ходе которой происходит удаление спиртовых растворов из образовавшихся в ходе технологического процесса пор. Процесс удаления прекурсоров из объема полученной заготовки не должен нарушать сформированную нанопористую структуру геля. В [12] представлено первое фотографическое изображение структуры аэрогеля на основе диоксида кремния, чаще называемое ксерогелем (рис. 3).



Рис. 3. Структура ксерогеля на основе диоксида кремния

Использование спиртовых растворов в качестве прекурсоров предопределило перспективы получения волокнистых теплоизолирующих материалов, имеющих гидрофобную поверхность на основе аэрогелей, не поглощающих и не накапливающих влагу, для чего состав вещества дополняют агентами, усиливающими гидрофобизирующие свойства. Например, прекурсор на основе диоксида кремния может также содержать такие компоненты, как алкилсилан или арилсилан, являющиеся сопрекурсорами и усиливающие гидрофобность волокнистых теплоизолирующих материалов. Процесс усиления гидрофобных свойств конечного продукта может быть организован на любых стадиях формирования структуры аэрогеля: посредством дополнения состава прекурсора гидрофобизирующим агентом; посредством непосредственного введения гидрофобизирующего агента во влажный гель; посредством введения гидрофобизирующего агента в аэрогель в процессе его сушки [13].

Для ответа на вопрос, в какой мере использование аэрогеля в структуре волокнистых теплоизолирующих материалов позволяет сохранять огнестойкость защищаемых конструкций в случае воздействия на открытую поверхность теплоизоляции потока воды в ходе процесса пожаротушения, был проведен лабораторный эксперимент.

Измерения проводились на специальной лабораторной установке, позволяющей осуществлять односторонний прогрев образцов испытываемых теплоизолирующих материалов. Схема экспериментальной зоны лабораторной установки представлена на рис. 4. В качестве источника тепла используются силитовые нагреватели, которые размещены над днищем установки. Тепловой поток, создаваемый нагревателями, ориентирован вверх и направлен на испытываемый образец за счет необходимой теплоизоляции и установки защитной маски с окном, на который и накладывается испытываемый образец, края которого выходят за габариты окна. Для исключения влияния неравномерности образующегося теплового поля торцевые поверхности испытываемого образца также теплоизолируются. На необогреваемой поверхности испытываемого образца волокнистого теплоизолирующего материала накладывается металлическая пластина, которая позволяет учесть влияние защищаемой конструкции на процесс теплообмена в ходе пожаротушения. Расстояние между силитовыми нагревателями и обогреваемой поверхностью испытываемого образца установлено в 50 мм. Измерение и регулирование температуры нагреваемого воздуха осуществляется посредством термоэлектрических первичных преобразователей типа ТПП ПП(R), размещенных вблизи обогреваемой поверхности испытываемого образца, на металлической пластине и непосредственно в теле внутри образца волокнистого теплоизолирующего материала. Показания первичных преобразователей документируются посредством многоканального технологического регистратора типа PMT 39-DM, подключенного к персональному компьютеру.

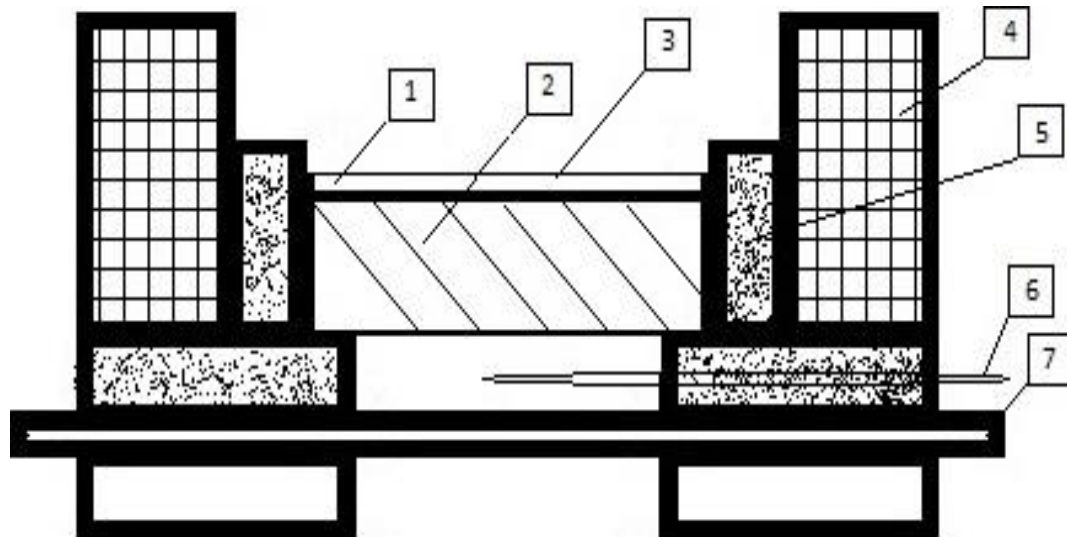


Рис. 4. Схема экспериментальной зоны лабораторной установки: 1 – металлическая пластина; 2 – образец испытываемого материала; 3 – термоэлектрический преобразователь необогреваемой поверхности; 4 – теплоизоляция стенда; 5 – защитная маска; 6 – термоэлектрический преобразователь обогреваемой поверхности; 7 – силовые нагреватели

Для испытаний был выбран волокнистый материал гибкой теплоизоляции Alison Aerogel DRT 0610, изготовленный на основе аэрогелей SiO_2 , основные характеристики которого представлены в таблице [14].

Таблица. Свойства волокнистого материала Alison Aerogel DRT 0610

Плотность, ρ, кг/м ³	Максимальная температура использования, t, °C	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м·°C)		Водопоглощение, β, кг/м ²	Коэффициент паропроницаемости, μ	Группа горючести
		при температуре				
		10	300			
200	650	0,019	0,039	0,14	0,088	Негорючая

Испытуемые образцы квадратной формы с размером стороны 100 ± 10 мм и толщиной 50 ± 2 мм были вырезаны из рулона волокнистого материала Alison Aerogel DRT 0610. Один из образцов в ходе испытаний оставался сухим, а другой – «мокрый», перед прогревом был полностью погружен в ванну с водой и выдерживался в состоянии полного погружения в течение 10 мин. В дальнейшем испытания показали, что вариации продолжительности погружения образца в пределах 10–30 мин практически не влияют на результаты испытаний.

В процессе измерения испытуемый образец подвергался нагреву горячим воздухом, эмулирующим тепловое воздействие на ограждающие конструкции продуктов горения в ходе пожара, при этом температура линейно возрастала до значения 1200 °C и поддерживалась постоянной до момента завершения измерения при переходе в стационарный режим, когда прекращается рост температуры на необогреваемой поверхности испытываемого образца.

Непосредственно с необогреваемой поверхностью испытываемого образца волокнистого теплоизолирующего материала контактировала латунная пластина с размерами боковых поверхностей 110 мм и толщиной 3 мм, температура которой измерялась посредством термоэлектрических первичных преобразователей типа ТПП ПП(R). Для обеспечения необходимого теплового контакта спай преобразователя помещался в предварительно насверленное углубление, заполненное расплавом тритника.

Результаты испытаний сухого и «мокрого» образцов волокнистого теплоизолирующего материала Alison Aerogel DRT 0610, изготовленного на основе аэрогелей, представлены на рис. 5.

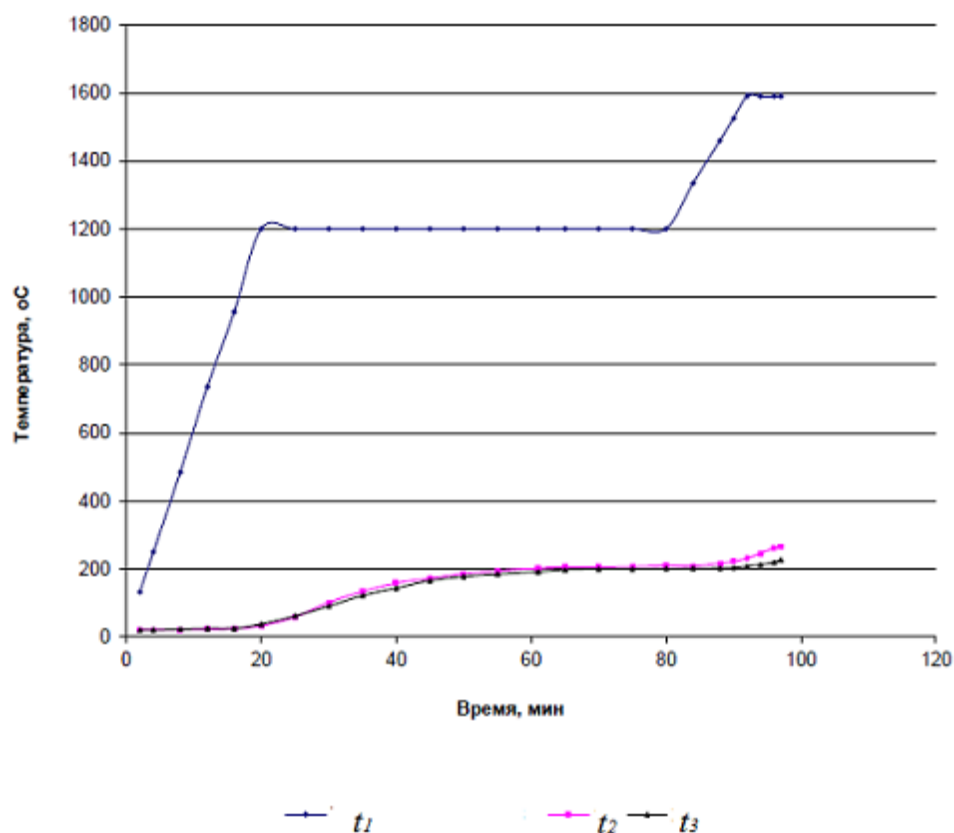


Рис. 5. Результаты испытаний сухого и «мокрого» образцов волокнистого теплоизолирующего материала: t_1 – температура нагревающего воздуха; t_2 – температура на необогреваемой поверхности «мокрого» образца; t_3 – температура на необогреваемой поверхности сухого образца

Параметры прогрева образцов вполне согласуются с результатами измерений, представленных в работе [5]. Результаты, полученные в ходе проведения измерений, показывают, что различия температурных полей в сухом и «мокром» образце не выходят за рамки приборных погрешностей. Это доказывает гидрофобные свойства волокнистых теплоизолирующих материалов на основе аэрогелей.

Таким образом, в ходе исследования возможности повышения огнезащитных свойств волокнистых теплоизолирующих материалов было установлено, что применение аэрогелей придает материалам гидрофобные свойства и вследствие этого огнезащитные свойства волокнистых теплоизолирующих материалов не ухудшаются при попадании на них воды в процессе пожаротушения.

Литература

1. Бабашов В.Г., Луговой А.А., Карпов Ю.В. Температуропроводность гибкого градиентного теплоизоляционного материала // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2015. Т. 7. № 1.
2. Высокотемпературные теплоизоляционные и теплозащитные материалы на основе волокон тугоплавких соединений / Д.В. Геращенко [и др.] // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 5. С. 380–386.
3. Janssen R. Reaction Formed Alumina-Alumina FRCMC // 7th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites (HT-CMC 7). Германия, Байройт, 2010. С. 398–414.

4. Истомин А.В., Беспалов А.С., Бабашов В.Г. Придание повышенной огнестойкости теплозвукоизоляционному материалу на основе смеси неорганических и растительных волокон // *Авиационные материалы и технологии*. 2018. № 4 (53). С. 74–78.
5. Возможности волокнистой тепловой защиты / В.Н. Грибков [и др.] // *Человек – Земля – Космос: труды I Междунар. авиакосмич. конф.* Т. 5: Материалы и технология производства авиакосмических систем / гл. ред. Г.Е. Лозино-Лозинского, ред.: Р.Е. Шалин, В.Е. Подколзин. М.: Воен. акад. им. Ф.Э. Дзержинского, 1995. С. 223–231.
6. Бучилин Н.В., Люлюкина Г.Ю. Особенности спекания высокопористых керамических материалов на основе оксида алюминия // *Авиационные материалы и технологии*. 2016. № 4 (45). С. 40–46.
7. Ивахненко Ю.А., Варрик Н.М. Пути повышения пожаростойкости волокнистых теплоизоляционных материалов (обзор) // *Труды ВНИИАМ*. 2015. № 12. С. 72–79.
8. Composite laminate for a thermal and acoustic insulation blanket: pat. 8292027 US; publ. 23.10.2012.
9. Laminate sheet material for fare barrier applications: pat. 6670291 US; publ. 30.12.2003.
10. Бабашов В.Г., Варрик Н.М., Карасева Т.А. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов (обзор) // *Труды ВНИИАМ*. 2019. № 6 (78). С. 32–42.
11. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей / А.В. Шиндряев [и др.] // *Успехи в химии и химической технологии*. 2017. Т. 31. № 6. С. 130–132.
12. Смирнов Б.М. Аэрогели // *Успехи физических наук*. 1987. Т. 152. Вып. 1. С. 133–157.
13. Hydrophobic Aerogel Materials: pat. US 9868843, № 14/873753; filed 02.10.15; publ. 16.01.18.
14. Теплоизоляция с аэрогелями (Россия) // ООО «ТИМ». URL: www.tim-firm.ru (дата обращения: 04.09.2021).
15. Aerogel composites, process for producing the same and their use: pat. US 5789075. № 793178; filed 17.08.95; publ. 04.08.98.
16. Preparation method of fiber-reinforced Al₂O₃–SiO₂ aerogel material with wave transmission and heat insulation integrated function: pat. CN 106630931, № 20161885973; filed 10.10.16; publ. 10.05.17

УДК 536.24

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена математическая модель нестационарной теплопроводности полуограниченных тел, в качестве которых использованы строительные конструкции в виде стенок и перекрытий из легкого и тяжелого бетона. Выполнены расчеты изменения температуры в глубине стенки во времени при фиксированной температуре на поверхности стенки со стороны пожара.

Ключевые слова: нестационарная теплопроводность, строительные конструкции, математическая модель, вычислительный эксперимент, таблицы Excel

Введение

Строительные конструкции должны испытываться на огнестойкость. В практике пожарного дела для определения температуры в противопожарных преградах по их толщине и в зависимости от времени от начала пожара используются уравнения нестационарной теплопроводности [1–9].

Строительные конструкции обычно изготавливаются из бетона, кирпича и стали. Физические параметры указанных элементов строительных конструкций в зависимости от температуры изменяются различным образом и приведены в таблице.

Таблица

Материал	Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Плотность, $\rho, \text{кг/м}^3$	Теплопроводность, $\lambda, \text{Вт/м/К}$	Теплоемкость, $c, \text{кДж/кг/К}$	Температуропроводность, $a, \text{м}^2/\text{ч}$
Бетон	Более 100	2000	$1,4 - 6 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,8 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Газобетон	Более 100	500	$0,1 + 7 \cdot 10^{-5} \cdot t$	$0,9 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Керамзитобетон	Более 100	1100	$0,3 + 11 \cdot 10^{-5} \cdot t$	$0,84 + 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Кирпич	Более 100	1600	$0,7 + 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,84 + 5,1 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Сталь	От 0 до 800	7800–7400	$58 - 0,042 \cdot t$	$0,47 + 2,1 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$5,7 - 0,0058 \cdot t$

Компьютерная модель нестационарной теплопроводности

Элементы упрощенной компьютерной модели, выполненной на основе приведенных в таблице зависимостей, а также приведенных ниже расчетных формул нестационарной теплопроводности, были разработаны в электронной таблице Excel. С использованием этой компьютерной модели были выполнены необходимые расчеты и построены приведенные ниже графические зависимости.

Зависимость температуропроводности тяжелых бетонов от температуры представлена на рис. 1.

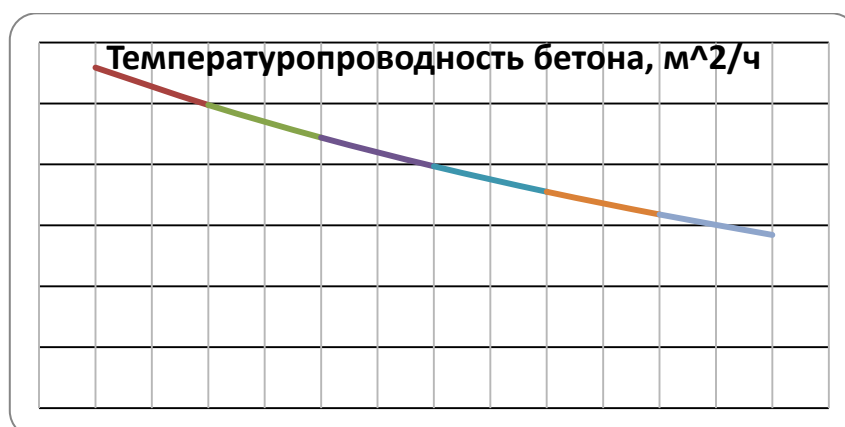


Рис. 1. Зависимость температуропроводности тяжелых бетонов от температуры

Теплопроводность и теплоемкость кирпича с ростом температуры увеличиваются, а температуропроводность меняется незначительно. Так, при изменении температуры от 100°C до 700°C температуропроводность кирпича меняется от $0,001856 \text{ м}^2/\text{ч}$ до $0,001776 \text{ м}^2/\text{ч}$.

Зависимость температуропроводности кирпича от температуры представлена на рис. 2.

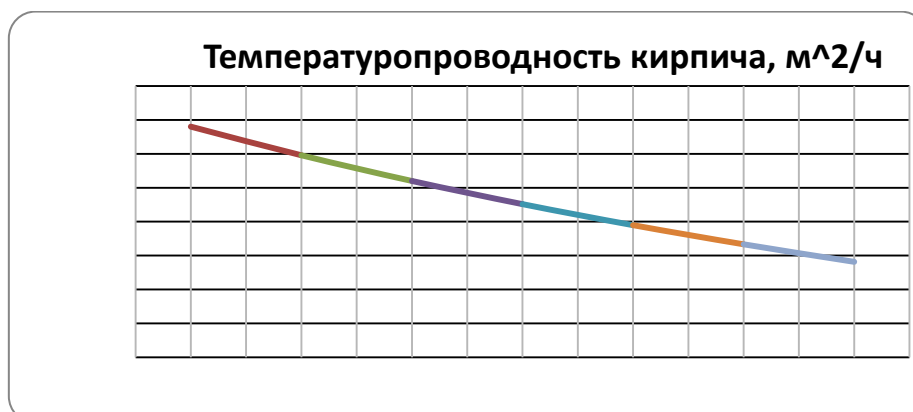


Рис. 2. Зависимость температуропроводности кирпича от температуры

Теплопроводность стали с ростом температуры уменьшается, а теплоемкость возрастает. Плотность стали меняется незначительно. В результате рост температуры приводит к существенному уменьшению температуропроводности стали.

В соответствии со стандартным температурным режимом температура пожара меняется во времени по следующей зависимости:

$$t_{ПЖ} = 345 * \text{Log}(8 * \tau + 1),$$

где τ – время от начала пожара, мин.

График зависимости стандартной температуры пожара от времени представлен на рис. 3.

На рисунке красная кривая – расчет по формуле, черная – линия тренда. В практике пожарного дела максимальная температура среды внутри помещения с очагом пожара принимается равной 1250 °С. Эта температура используется для определения допустимой температуры в противопожарных преградах, являющихся строительными конструкциями (стены, перегородки, перекрытия), изготовленными из рассмотренных выше материалов (бетон, кирпич).

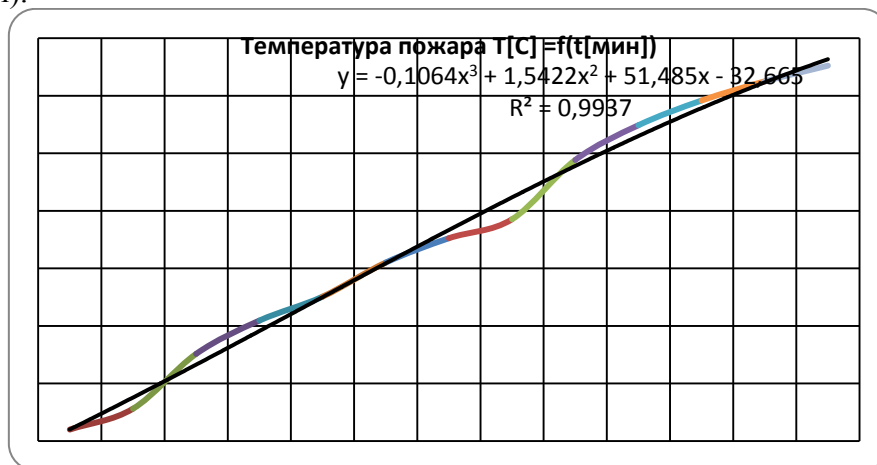


Рис. 3. Зависимость стандартной температуры пожара от времени

Сформулируем постановку задачи: Нужно произвести моделирование нестационарной теплопроводности полуограниченных тел (тел конечной толщины) для определения температуры в противопожарных преградах по их толщине и в зависимости от времени от начала пожара. Тема статьи актуальна, так как необходимость определения температуры в противопожарных преградах по их толщине и в зависимости от времени от начала пожара не вызывает сомнений.

Объект исследования – процесс нестационарной теплопроводности полуограниченных тел.

Метод исследования – вычислительные эксперименты на разработанной компьютерной модели процесса нестационарной теплопроводности, реализованной в электронной таблице Excel.

Модель нестационарной теплопроводности полуограниченных тел

Для стенок и перекрытий конечной толщины расчетная формула нестационарной теплопроводности имеет вид:

$$t(x, \tau) = t_c - (t_c - t_0) * \text{erf}(0,5 * k * \sqrt{[(a+x)/(a*\tau)]}),$$

где t_c – температура в помещении при пожаре; t_0 – начальная температура в помещении; erf – интеграл вероятности (функция ошибок); коэффициент $k = 0,5 * (1 + \rho * 10^{-4})$; ρ – плотность материала; a – температуропроводность материала; x – координата толщины материала; τ – время.

Интеграл вероятности $\text{erf}(x) = (2/\sqrt{\pi}) \int_0^x e^{-t^2} dt$ можно вычислить с применением разложения в ряд ($0 \leq x \leq 50$):

$$\begin{aligned} \text{erf}(x) &= (2/\sqrt{\pi}) * (x - x^3/3 + 1/2! * x^5/5 - 1/3! * x^7/7 + \dots) = \\ &= (2/\sqrt{\pi}) * \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n * x^{2n+1} / [n!(2n+1)]. \end{aligned}$$

Интеграл вероятности $\text{erf}(x)$ можно также найти численным интегрированием. Кроме того, функцию $\text{erf}(x)$ можно вычислить также с помощью полиномиальной аппроксимации с погрешностью не выше $1,5 \cdot 10^{-7}$:

$$\text{erf}(x) = 1 - (a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_5 t^5) * e^{-x^2},$$

где $t = 1/(1 + p*x)$; $p = 0,3275911$; $a_1 = 0,254829592$; $a_2 = -0,284496736$; $a_3 = 1,421413741$; $a_4 = -1,453152027$; $a_5 = 1,061405429$.

График зависимости $Y = \text{erf}(X)$ представлен на рис. 4:

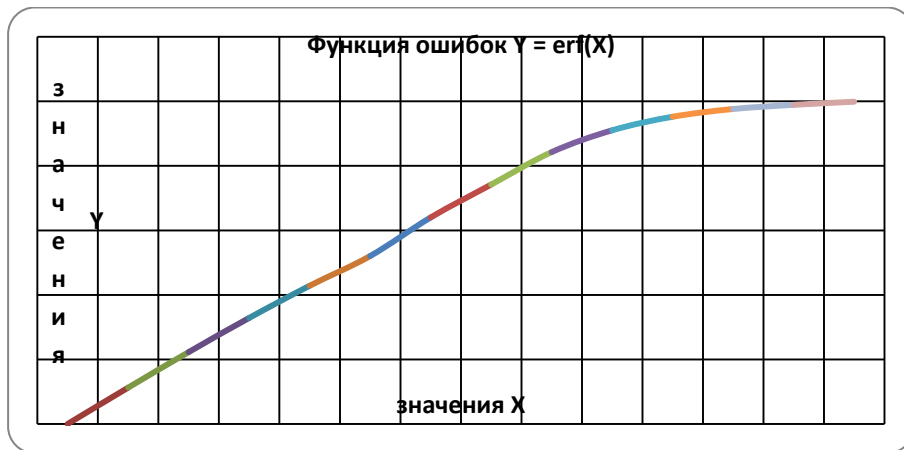


Рис. 4. График зависимости $\text{erf}(x)$

Рассчитаем изменение температуры во времени в тяжелом бетоне при температуре в помещении с очагом пожара, равной $T_{\Pi} = 300$ °С. Расчет производим для противопожарной преграды (стена, перекрытие) на глубине 0,3 м.

Расчет производим по формуле:

$$t(x, \tau) = t_C - (t_C - t_0) * \text{erf}(0,5 * k * \sqrt{[(a+x)/(a*\tau)]}),$$

где $t_C = 300$ С; $t_0 = 20$ С; $k = 0,5 * (1 + 2000 * 10^{-4}) = 0,6$; $a = 0,0022$, м²/ч; $x = 0,3$ м.

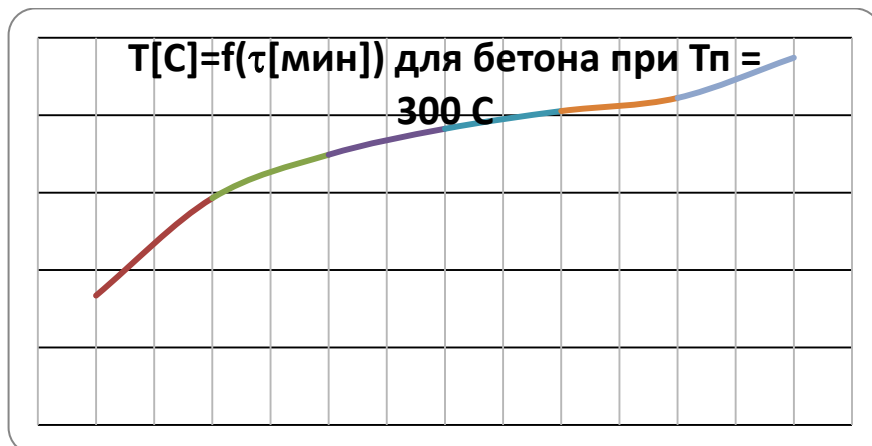


Рис. 5. Зависимость $t(\tau)$ для тяжелого бетона

Зависимость $t(\tau)$ для тяжелого бетона ($\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$) при $T_{\text{п}} = 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$ представлена на рис. 6.

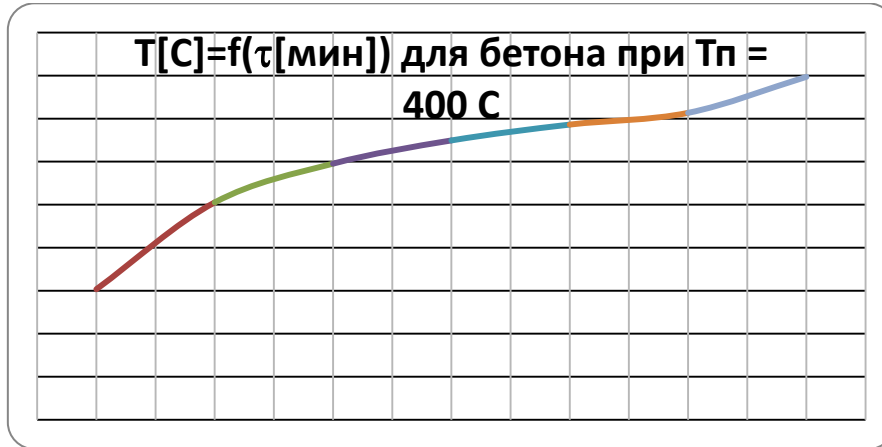


Рис. 6. Зависимость $t(\tau)$ для тяжелого бетона

Зависимость $t(\tau)$ для тяжелого бетона ($\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$) при $T_{\text{п}} = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ представлена на рис. 7.

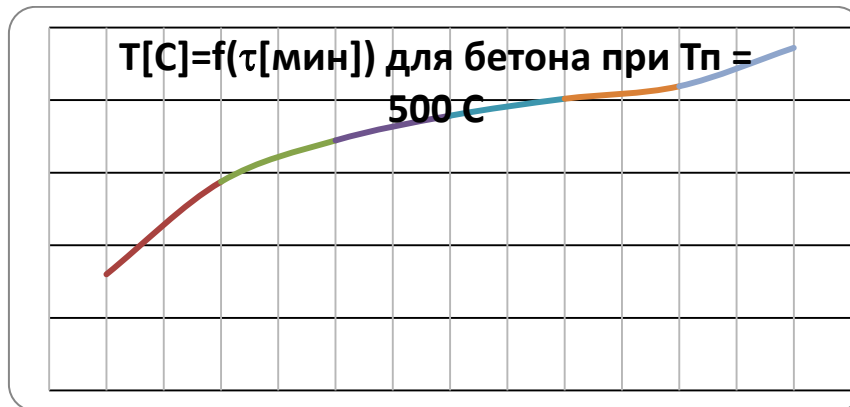


Рис. 7. Зависимость $t(\tau)$ для тяжелого бетона

Построим график зависимости температуры в тяжелом бетоне от двух переменных: времени τ (от 20 до 65 мин) и температуры в помещении $T_{\text{п}}$ (от $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Для построения трехмерного графика $Z=f(X,Y)$ нужно рассчитать матрицу 10×10 значений, в которой элементы матрицы приведены к диапазону $[0,1]$. Программа построения графика строит проекцию трехмерной поверхности в единичном кубе: $(Z, X, Y) \in [0,1] \times [0,1] \times [0,1]$. Матрица исходных данных для построения трехмерного графика представлена на рис. 8.

0,49	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52
0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,57
0,58	0,59	0,60	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61	0,61
0,62	0,63	0,64	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66
0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	0,71
0,71	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75
0,76	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79	0,80
0,80	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85
0,84	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89
0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94

Рис. 8. Исходные данные трехмерного графика

Зависимость $Z=f(X,Y)$, где Z – температура в тяжелом бетоне t ; X – температура в помещении T_{II} ; Y – время τ , представлена на рис. 9.

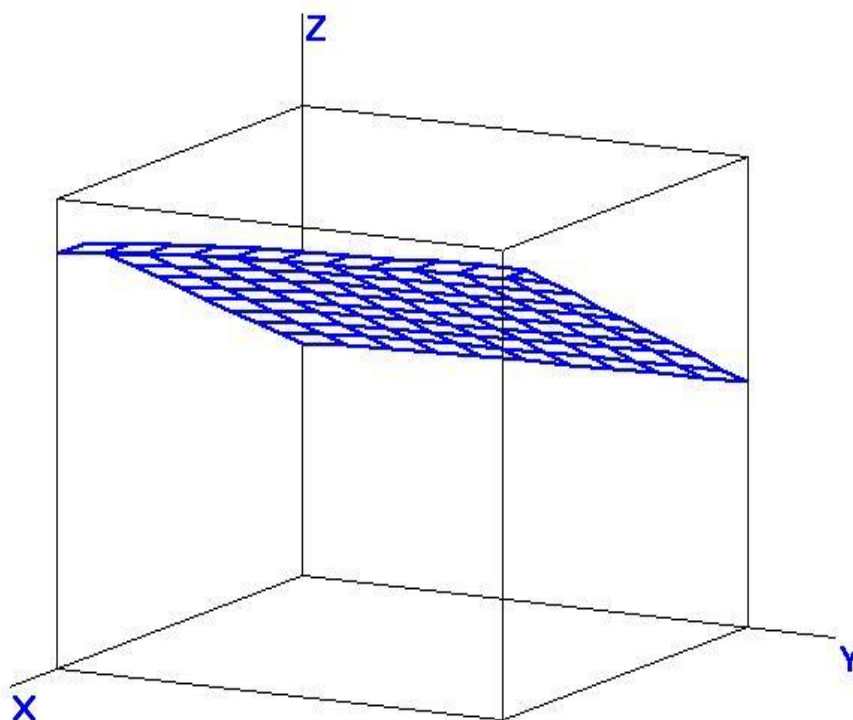


Рис. 9. Зависимость $Z=f(X,Y)$, где $(Z, X, Y) \in [0,1]*[0,1]*[0,1]$

Рассчитаем изменение температуры t во времени τ в легком бетоне при температуре в помещении с очагом пожара, равной $T_{II} = 500$ °С. Расчет производим для противопожарной преграды (стена, перекрытие) на глубине 0,3 м.

Зависимость $t(\tau)$ для легкого бетона ($\rho = 500$ кг/м³) представлена на рис. 10.

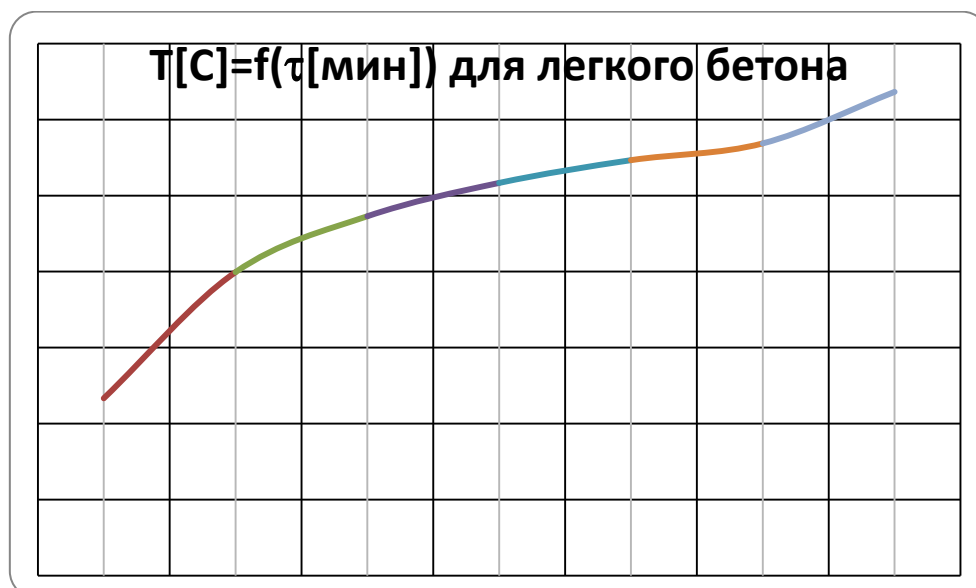


Рис. 10. Зависимость $t(\tau)$ для легкого бетона

Температуропроводность легкого бетона существенно меньше, чем тяжелого и составляет 0,0008 м²/ч. Для тяжелого бетона температуропроводность в диапазоне температур от 100 °С до 700 °С меняется от 0,0028 до 0,0014 м²/ч. Поэтому диапазон изменения температуры для тяжелого бетона существенно больше, чем для легкого бетона.

Зависимость $t(\tau)$ для кирпича $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ при температуре в помещении с очагом пожара, равной $T_{\text{п}} = 500^\circ\text{C}$, представлена на рис. 11.

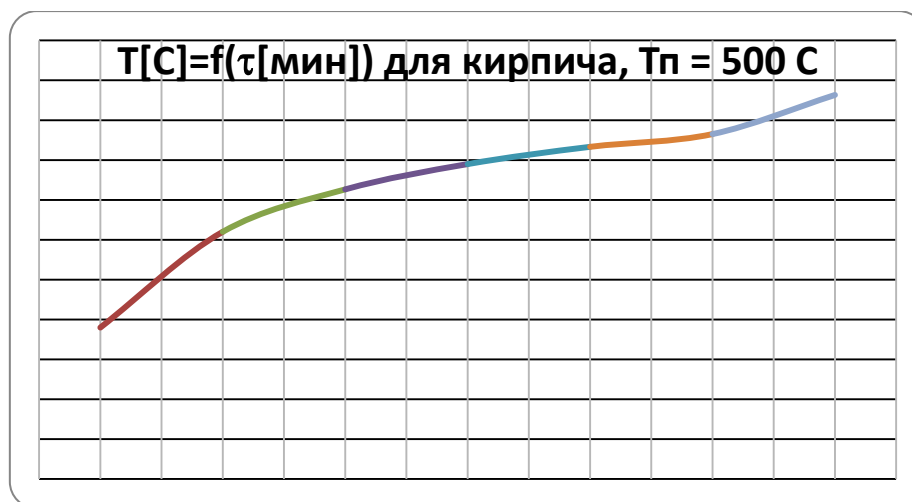


Рис. 11. Зависимость $t(\tau)$ для кирпича

Вывод

Рассмотрена математическая модель нестационарной теплопроводности полуограниченных тел (тел конечной толщины), в качестве которых рассмотрены строительные конструкции в виде стенок и перекрытий, выполненные из тяжелого и легкого бетона, а также кирпича. Проведены расчеты изменения температуры в глубине стенки (перекрытия) во времени при температуре на поверхности стенки со стороны пожара 300, 400 и 500 °С, которые позволили представить в графическом виде качественную картину изменения температуры в зависимости от времени в диапазоне от 10 до 120 мин от начала пожара.

Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в создании автором компьютерной модели процесса нестационарной теплопроводности, реализованной в электронной таблице Excel.

Литература

1. Дерюгин В.В., Васильев В.Ф., Уляшева В.М. Тепломассообмен. М.: Лань, 2018.
2. Кошмаров Ю.А. Теплотехника. М.: ИЦ «Академкнига», 2017.
3. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. Теплотехника. М.: Лань, 2015.
4. Теплотехника. Практический курс / Г.А. Круглов [и др.]. М.: Лань, 2017.
5. Логинов В.С., Юхнов В.Е. Практикум по основам теплотехники. М.: Лань, 2019.
6. Jakob M. Heat Transfer. New York, London, 2016.
7. Christian W. Technische Wärmelehre. Leipzig, 2014.
8. Winter F.W. Technische Wärmelehre. Essen, 2014.
9. Eckert E., Drake R. Heat and Mass Transfer. London, 2015.
10. Бурман Я., Бобковский Г. Англо-русский научно-технический словарь. М.: Русский язык, 2015.

УДК 614.814.41:66.045.3

ТЕРМОКАПИЛЛЯРНАЯ КОНВЕКЦИЯ В УГЛЕВОДОРОДАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЖАРА

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

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

А.А. Пермьяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Установлено, что условием возникновения конвекции является значительное превышение продолжительности процесса уравнивания температуры в элементарном объеме и средней температуры остальной жидкости над продолжительностью процесса его всплытия. Определены граничные условия решения системы дифференциальных уравнений, учитывающих баланс между термокапиллярными и вязкими составляющими естественной конвекции на поверхности жидкости. Для проверки модели термокапиллярной конвекции, возникающей на поверхности углеводородов под воздействием теплового излучения, используются данные, полученные в ходе натурного эксперимента. Адекватность предложенной математической модели была подтверждена сравнением результатов счета с экспериментальными материалами.

Ключевые слова: углеводороды, термокапиллярная конвекция, термогравитационная конвекция, тепловое излучение, число Марангони

Проблема радиационного воздействия пожара на свободную поверхность нефти, нефтепродуктов и других углеводородов в значительной степени определяет развитие пожара. В работах [1–5], а так же в последующих публикациях тех же авторов отмечается, что ход процесса зажигания горючих паров в значительной мере определяется устойчивостью развития конвективных процессов в близлежащих слоях жидкости. В частности, важную роль играют термокапиллярные течения жидкости, обусловленные негравитационной природой такого вида конвекции, которую называют также конвекцией Бенара-Марангони [6].

Рассмотрим физическое явление неустойчивости тонкого слоя жидкости, прогреваемой радиационным потоком со стороны пожара. Если температуры в районе верхней T_1 и нижней T_2 границ слоев различаются незначительно, то реализуется режим стационарной теплопроводности, распределение температуры $T(z)$ в слое толщиной d имеет линейный характер и определяется значением вертикальной координаты z :

$$T = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot \frac{z}{d}.$$

Рассмотрим элементарный объем жидкости, располагающийся у поверхности раздела фазового состояния. Если в процессе флуктуации такой элементарный объем переместится вниз, то окажется в окружении менее нагретой внешним тепловым излучением жидкости, которая будет иметь большую плотность. Это обуславливает появление выталкивающей силы, величина которой пропорциональна разности плотностей и вызывающей перемещение элементарного объема жидкости к верхней границе раздела. В свою очередь, элементарный объем жидкости, располагающийся недалеко от нижней границы, переместится вверх, то он будет окруженным более нагретыми, следовательно, менее плотными слоями жидкости и будет перемещаться вниз. Поскольку скорость перемещения элементарных объемов зависит от вязкости жидкости, то интенсивность теплообмена определяется в значительной степени физическими свойствами жидкости, отсюда процесс конвекции проявляется, когда эффект выталкивающей силы превалирует над силами внутреннего трения и влиянием температуропроводности. Тогда выталкивающая сила F_a , действующая на элементарный

объем жидкости, оценивается при помощи уравнения (1), а сила вязкого трения элементарного объема с окружающей жидкостью F_s – уравнением (2):

$$F_a = \beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^2 \cdot g, \quad (1)$$

где β – коэффициент объемного расширения жидкости; T' – температурный перепад элементарного объема и окружающей жидкости; g – ускорение свободного падения, L – характерный линейный размер.

$$F_s = \rho \cdot \nu \cdot L \cdot V, \quad (2)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости; V – скорость перемещения элементарного объема.

Если приравнять значение выталкивающей силы F_a и силы вязкого трения F_s , можно определить величину скорости V , а из нее вычислить продолжительность перемещения элементарного объема τ :

$$\tau = \frac{d}{V} = \frac{\nu \cdot d}{\beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^2 \cdot g}.$$

В [7] установлено, что условием возникновения конвекции является значительное превышение продолжительности процесса уравнивания температуры в элементарном объеме τ_T и средней температуры остальной жидкости над продолжительностью процесса его всплытия τ , при этом значение τ_T связано с величиной коэффициента температуропроводности жидкости a :

$$\tau_T = \frac{L^2}{a}.$$

Поскольку $\tau_T \gg \tau$, можно утверждать, что:

$$\frac{L^2}{a} \gg \frac{\nu \cdot d}{\beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^2 \cdot g}, \quad \text{тогда} \quad \frac{\nu \cdot d \cdot a}{\beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^4 \cdot g} \ll 1.$$

Примем значение температурного перепада $T' = T_1 - T_2$, а в качестве характерного линейного размера L толщину прогреваемого слоя d , тогда процесс термогравитационной конвекции в жидкости, прогреваемой радиационным потоком, может быть characterized числом Релея Ra :

$$Ra = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_1 - T_2) \cdot d^3}{\nu \cdot a}. \quad (3)$$

По аналогии можно описать составляющую конвективного потока, вызываемую эффектом поверхностного натяжения. Для большинства углеводородов величина коэффициента поверхностного натяжения σ практически линейно падает с увеличением температуры [4]:

$$\sigma = \sigma_o(T_o) - \alpha \cdot (T - T_o),$$

где α – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью жидкой фракции углеводорода и окружающей средой.

Если на поверхности жидкой фракции углеводорода в результате воздействия теплового излучения возникнет флуктуационное пятно с повышенной относительно остальной жидкости температурой и уменьшенными силами поверхностного натяжения, то проявлением капиллярного эффекта будет растекание по наружной поверхности этого пятна. Безразмерной характеристикой процесса термокапиллярной конвекции является число Марангони [6]:

$$Ma = \frac{\alpha \cdot (T_1 - T_2) \cdot d}{\rho \cdot a \cdot \nu} \quad (4)$$

Разделив выражения (3) и (4), получим характеристику степени доминирования сил плавучести и поверхностного натяжения как функции прогресса слоя в конвекции:

$$\frac{Ma}{Ra} = \frac{1}{\rho \cdot \beta \cdot d \cdot g} \quad (5)$$

В приближении Обербека-Буссинеска система дифференциальных уравнений (6), позволяющих описать процесс термокапиллярной конвекции, возникающей под воздействием теплового излучения пожара, приобретает вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v}{\partial \tau} + \frac{1}{Pr} \cdot (v \nabla) v = -\nabla P + \Delta v \\ Pr \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} + v \cdot \nabla T = \Delta T + \left(1 - e^{-\frac{N}{1-z}} \right) \\ \operatorname{div}(v) = 0 \end{array} \right\}, \quad (6)$$

где $N = \alpha_r \cdot h$ – оптическая толщина пространства между пламенем пожара и поверхностью углеводородов; α_r – коэффициент поглощения поверхности жидкости; $Pr = \nu/a$ – число Прандтля [8].

Предполагаем линейную зависимость значения коэффициента поверхностного натяжения углеводородных соединений от температуры и отсутствие внешних деформаций свободной поверхности по ходу процесса пожаротушения. Тогда граничные условия решения системы дифференциальных уравнений (6), учитывающих баланс между термокапиллярными и вязкими составляющими естественной конвекции на поверхности жидкости, приобретают вид:

$$\frac{\partial T}{\partial z} = -Bi \cdot T; \quad \frac{\partial v_x}{\partial z} = -Ma \cdot \frac{\partial T}{\partial x}; \quad \frac{\partial v_y}{\partial z} = -Ma \cdot \frac{\partial T}{\partial y}; \quad v_z = 0,$$

где $Bi = \alpha \cdot h/\lambda$ – число Био [9].

При отсутствии внешнего механического воздействия на свободную поверхность жидкости может быть получено стационарное решение системы дифференциальных уравнений (6):

$$v_o = 0; \quad T = \frac{1}{N^2} \cdot e^{\frac{N}{z-1}} - \frac{z^2}{2} + C_1 \cdot z + C_2. \quad (7)$$

Для определения величин постоянных интегрирования C_1 и C_2 (уравнения 8 и 9) применительно к изотермической поверхности флукутирующего пятна на поверхности углеводородов используем граничные условия, сформулированные выше:

$$C_1 = \frac{N-1}{N \cdot (1+Bi)} - \frac{Bi}{1+Bi} \cdot \left[\frac{2 \cdot (1 - e^{-N} - N^2)}{2 \cdot N^2} \right]; \quad (8)$$

$$C_2 = -\frac{e^{-N}}{N^2}. \quad (9)$$

Для проверки модели термокапиллярной конвекции, возникающей на поверхности углеводородов под воздействием теплового излучения, используются данные, полученные в ходе натурного эксперимента, проводимого в конвективной камере, изображенной на рис. 1.

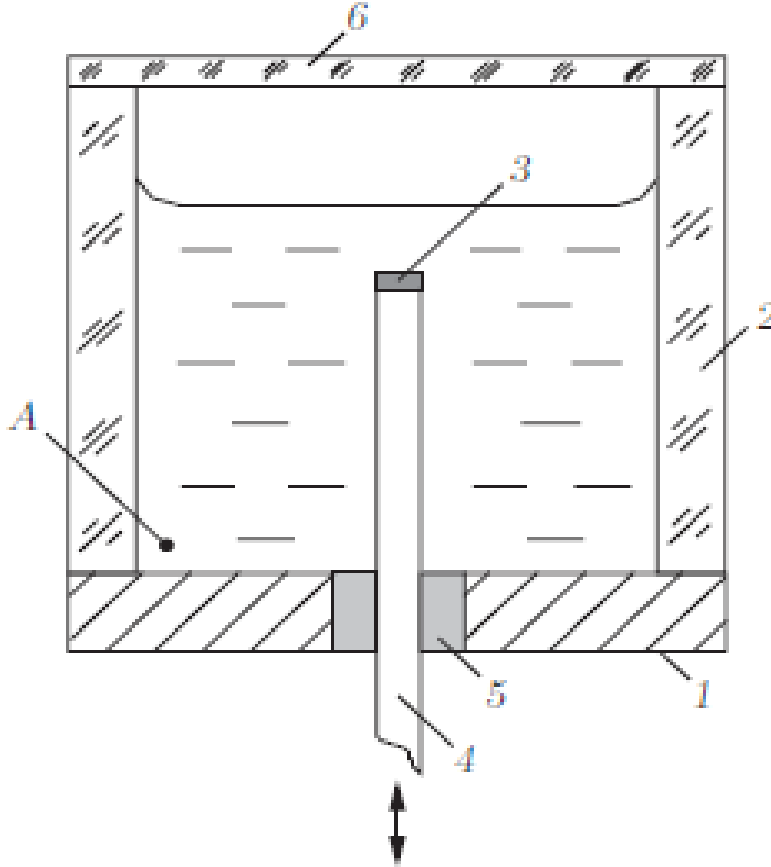


Рис. 1. Схема экспериментальной конвективной камеры

На основание камеры 1, представляющую собой текстолитовую пластину размерами 180*180 мм и толщиной 8 мм, наклеено ограждение конвективной полости 2, выполненное из стекла, толщиной 4 мм. По центру основания просверлено отверстие, в котором через фторопластовый сальник 5 закреплен защитный керамический чехол 4 измерительной медь-константановой термопары 3. Нижний конец керамического чехла выведен за пределы конвективной камеры и скреплен с микрометрическим механизмом, который позволяет перемещать чувствительный спай термопары в вертикальном направлении с точностью 0,1 мм. Сверху на конвективной камере размещена крышка 6, выполненная из листа кварцевого стекла толщиной 2 мм. Пространство А конвективной камеры в ходе проведения эксперимента частично заполнялось н-деканом $C_{10}H_{22}$. Выбор н-декана для проведения натурного эксперимента был обусловлен сочетанием относительно низкого значения коэффициента поверхностного натяжения $\sigma_0=23,9$ мН/м для комфортной температуры $t_0=20$ °С и достаточно высокой величиной температурного коэффициента поверхностного натяжения $\Delta\sigma=0,092$ мН/(м·°С), что дает возможность термокапиллярным перемещениям достигнуть достаточно большой интенсивности.

Для имитации радиационного воздействия пожара использовался источник теплового излучения [10], схема которого изображена на рис. 2.

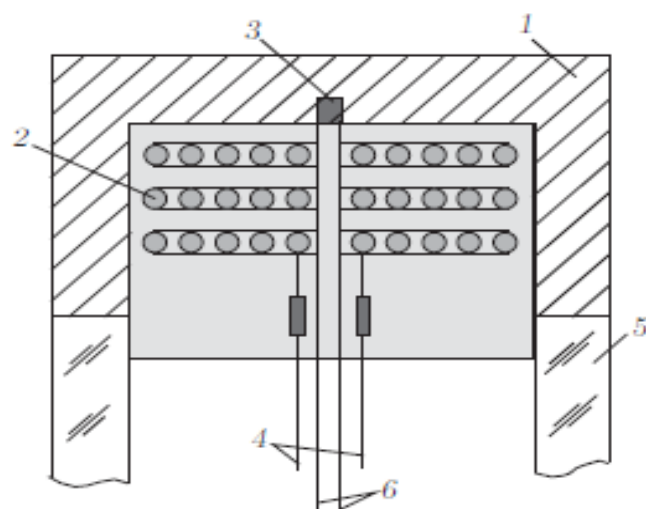


Рис. 2. Схема источника теплового излучения

Съемная часть теплоизлучательной головки 1 изготовлена из нержавеющей стали, закреплена на керамическом основании 5 и прогревается вольфрамовой спиралью при соединении с проводниками 4 от внешнего источника тока. Температура излучателя измеряется при помощи термопары 3.

В качестве критерия соответствия модели термокапиллярной конвекции реальной физической картине процесса был модифицирован безразмерный коэффициент K , предложенный в [11, 12] в качестве меры неустойчивости:

$$K = 1 - \frac{T_n}{T_u},$$

где T_u – абсолютная температура наружной поверхности; T_n – абсолютная температура исследуемого слоя.

Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

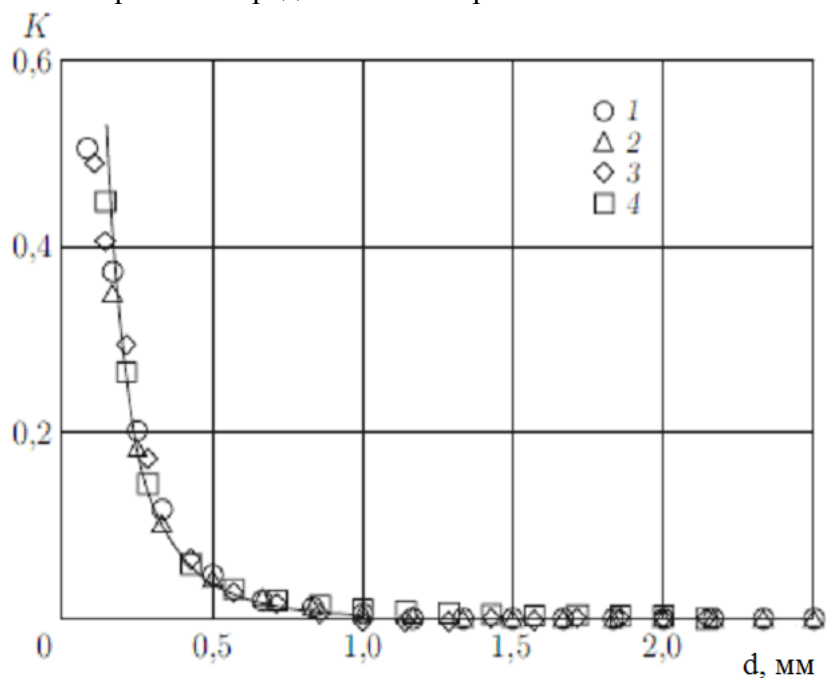


Рис. 3. Зависимость параметра K от толщины прогреваемого слоя d :
1 – для $T=973$ K; 2 – для $T=873$ K; 3 – для $T=773$ K; 4 – для $h=673$ K

Результаты эксперимента подтвердили достаточную адекватность предложенной математической модели в описании процесса термокапиллярной конвекции в приграничном слое при радиационном воздействии на открытую поверхность углеводородов.

Литература

1. Шебеко А.Ю. Влияние фторированных углеводородов на показатели пожарной опасности стехиометрических смесей горючий газ-окислитель // Международный технико-экономический журнал. 2018. № 5. С. 95–101.
2. Веткин А.В., Сурис А.Л. Исследование теплотехнических характеристик процесса горения газообразных топлив // Теплоэнергетика. 2015. № 3. С. 62–66.
3. Низкотемпературное беспламенное горение крупной капли н-додекана в условиях микрогравитации / С.М. Фролов [и др.] // Химическая физика. 2018. Т. 37. № 4. С. 38–50.
4. Suris A.L. Handbook of Thermodynamic High Temperature Process Data. N.Y.; L.; Washington: Hemisphere Publishing Corporation, 1987.
5. Теплофизические закономерности развития пожарной опасности на промышленных предприятиях и нефтегазовых объектах / Д.Ю. Минкин [и др.]: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 464 с.
6. Lam T.T., Bayazitoglu Y. Effect of internal heat generation and variable viscosity on Marangoni convection // Numerical Heat Transfer. 2017. Vol. 11. P. 165–182.
7. Гарифулин Ф.А. Возникновение конвекции в горизонтальных слоях жидкости. URL: http://pereplet.ru/naukaSoros/pdf/0008_108.pdf (дата обращения: 22.10.2021).
8. Ribbota R., Joets A. Defects and interaction with the structure in the end convection in nematic liquid crystals. Lecture notes in physics, V. 210. Cellular structures in instabilities. Ed. by Wesfreid J.E. and Zaleski S. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. New-York. Tokio, 1984. 390 p.
9. Ryabitskii E.A. Thermocapillary instability of liquid layer with internal heat generation // Microgravity Science Technology. 1994. Vol. VII. № 1. P. 20–23.
10. Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Некрасов А.С. Экспериментальное исследование процессов лучистого, конвективного и кондуктивного теплообмена // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 2. С. 61–70.
11. Бахтизин Р.Н., Бакиев А.В., Хазиев Н.Н. Исследование процесса теплообмена при свободной конвекции в неоднородных средах // Вестник Акад. наук РБ. 2014. Т. 19. № 4. С. 44–49.
12. Сажин Б.С., Чунаев М.В., Сажин В.Б. Термокапиллярный механизм неустойчивости слоя жидкости (эффект Марангони) // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXIII. 2009. № 3 (96). С. 103–107.



ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

УДК 614.841.249

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗГОРАНИЕМ ВОЗДУШНОГО СУДНА ОТ РАЗЛИТОГО ТОПЛИВА В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙНОЙ ПОСАДКИ ПО ДАННЫМ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО АВИАЦИОННОГО КОМИТЕТА ЗА 2004–2020 гг.

А.А. Воронцова, кандидат физико-математических наук;

С.В. Скодтаев;

Е.Ю. Черкасов, кандидат технических наук;

С.Г. Ивахнюк, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приведены данные статистического анализа авиапроисшествий, связанных с возгоранием воздушного судна от разлитого в результате аварийной посадки топлива. Данный тип аварий приводит к гибели пассажиров в результате воздействия опасных факторов пожара. Рассмотрены последствия авиапроисшествий за 2004–2020 гг., связанных с возгоранием пассажирских авиалайнеров от разлитого топлива, по статистическим данным Межгосударственного авиационного комитета.

Ключевые слова: авиапроисшествия, пожарная безопасность, аварийная посадка

Целостность государства и его экономическое развитие с древнейших времен определялись транспортной инфраструктурой. В Римской империи одним из основных занятий легионов являлось устройство дорог. В Российской империи была спроектирована и построена самая длинная железная дорога в мире, Транссибирская магистраль – «железный пояс России». Кроме того, существует теория, что и возникла Россия на «пути из варяг в греки».

В современных условиях транспортная инфраструктура государства определяет качество функционирования всех отраслей экономики. Из-за огромности территории в единой транспортной структуре России значительное место занимает гражданская авиация. Деятельность гражданской авиации можно разделить на три основных направления: коммерческие воздушные перевозки, авиацию общего назначения и авиационные работы.

Основным преимуществом воздушного транспорта является скорость преодоления больших расстояний. С развитием науки и техники растет надежность и безопасность воздушных перевозок, увеличиваются эксплуатационные характеристики авиалайнеров (дальность, скорость полета, грузоподъемность, пассажировместимость и т.п.). С целью обеспечения безопасности совершенствуются процедуры технического обслуживания воздушных судов, досмотра пассажиров и багажа и т.д. Несмотря на прикладываемые усилия, ежегодно по всему миру происходят авиационные происшествия, которые приводят к человеческим жертвам и значительному материальному ущербу. Максимальное число погибших и травмированных фиксируется при катастрофах пассажирских самолетов, следовательно, существуют и реальные риски, связанные с эксплуатацией авиалайнеров, даже учитывая меньшие показатели смертности, по сравнению с другими видами транспорта (железнодорожный, автомобильный, водный).

Согласно статистике, представленной на официальном сайте Федерального агентства воздушного транспорта [1], пассажиропоток российских авиакомпаний (международные и внутренние рейсы) за 2019 г. составил 123 748 720 человек. В 2020 г., несмотря

на введенные в связи с распространением коронавирусной инфекции ограничительные меры, пассажиропоток российских авиакомпаний составил 68 917 705 человек. Очевидно, что данная цифра ежегодно будет только увеличиваться, следовательно, от надежности и безопасности авиалайнеров зависят жизни огромного количества людей по всему миру, соответственно, данным аспектам уделяется первостепенное значение в попытке свести аварийность к минимальным показателям. К сожалению, большинство нововведений, направленных на повышение безопасности воздушного транспорта, является результатом тщательного расследования причин произошедших авиакатастроф. На территории Российской Федерации полномочия и ответственность в области расследования авиационных происшествий (АП) с гражданскими воздушными судами возложены на Межгосударственный авиационный комитет (МАК) [2].

МАК расследует все авиационные происшествия с воздушными судами государств-участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства [3] (Соглашения) как на их территории, так и за ее пределами, а также в рамках отдельных соглашений, заключенных с другими государствами. Государства-участники Соглашения по состоянию на 2021 г. – Азербайджанская Республика, Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Республика Молдова, Российская Федерация, Республика Таджикистан, Туркменистан, Республика Узбекистан, Украина. В ходе проведенных расследований выявляются и тщательно анализируются все недостатки, которые приводят к авиационным происшествиям, и в отчете МАК формулируются рекомендации по повышению безопасности полетов. Данные рекомендации обязательны для исполнения таким государственным структурам, как Минтранс России, Росавиация, Ространснадзор, сертифицирующим организациям, службам аэропортов и т.д.

Согласно статистике МАК [4] с 2004 по 2020 г. на территории государств-участников Соглашения произошло 759 авиационных происшествий, около 50 % (375) из которых закончились катастрофой. В результате произошедших авиапроисшествий погибло 2197 человек (табл. 1), еще более значительному числу нанесен урон здоровью, часть из них остались инвалидами.

Таблица 1. Количество авиационных происшествий, катастроф и погибших за период 2004–2020 гг.

Календарный год	Авиационные происшествия (в т.ч. катастрофы)	Авиационные катастрофы	Потери
2004	37	15	109
2005	25	13	101
2006	33	17	465
2007	45	18	92
2008	40	21	231
2009	39	20	86
2010	43	20	66
2011	50	28	187
2012	53	31	127
2013	46	19	126
2014	48	26	80
2015	56	27	116
2016	63	28	74
2017	58	32	74
2018	58	25	164
2019	41	25	97
2020	46	23	51
Всего	759	375	2197

Анализ статистических данных по авиационным происшествиям показал, что около 80 % катастроф пассажирских самолетов происходит во время взлета или посадки. Наиболее распространенными причинами гибели людей при АП являются: воздействие энергии удара о землю воздушного судна и достижение критических значений опасных факторов пожара в результате горения, возникающего при аварийной посадке.

К сожалению, полнотекстовые отчеты об исследовании АП МАК выкладывает в общий доступ только с 2004 г. Из анализа статистики [4] следует, что за период с 2004 по 2020 г. сотрудниками МАК исследовано 375 авиационных катастроф. Примерно в 40 % случаев на борту воздушных судов возникал пожар (табл. 2), в результате которого воздействие опасных факторов пожара препятствовало спасению людей и являлось причиной их гибели.

Таблица 2. **Количество пожаров из общего количества авиакатастроф**

Календарный год	Авиационные катастрофы	Количество пожаров	Процент от катастроф, %
2004	15	5	33,3
2005	13	5	38,6
2006	17	7	41,18
2007	18	7	38,8
2008	21	9	42,8
2009	20	8	45
2010	20	8	40
2011	28	11	39,2
2012	31	12	38,7
2013	19	8	42,1
2014	26	10	38,5
2015	27	11	40,7
2016	28	11	39,3
2017	32	13	40,6
2018	25	10	40
2019	18	8	44,4
2020	17	6	35,3
Всего	375	149	39,73

В отчетах МАК отсутствует развернутая информация о погибших с указанием причины гибели пассажиров. Например, погибших от воздействия опасных факторов пожара или от травм, не совместимых с жизнью, полученных при аварийной посадке, в результате которой возникло горение и т.д.

По результатам исследования обстоятельств авиакатастроф можно заключить, что наибольшую опасность представляет пожар, возникший при разрушении топливных баков самолета и струйном истечении авиационного топлива. Возникновение горения в силовых установках, пассажирском, багажном, технических отсеках, в шасси и т.д. менее опасны, так как данные пожары обладают меньшей температурой горения и скоростью распространения пламени, соответственно, у пассажиров остается больше времени на эвакуацию.

В качестве примера можно рассмотреть пожар, произошедший 5 мая 2019 г. в международном аэропорту «Шереметьево» (рис. 1), когда при «жесткой» посадке воздушного судна RRJ-95В стойки шасси пробили топливные баки и на землю пролилось несколько тонн авиационного топлива. В результате возникшего пожара погиб 41 пассажир. Все погибшие пассажиры умерли от воздействия опасных факторов пожара.

В данном аспекте можно упомянуть и пожар, произошедший при аварийной посадке воздушного судна А310 в аэропорту Иркутска 9 июля 2006 г. (рис. 2), в результате которого погибло 125 пассажиров, из них 120 – от воздействия опасных факторов пожара, один пассажир – от черепно-мозговой травмы, один пассажир – от полученных травм и ожогов, 3 человека cabinного экипажа – от отравления угарным газом [4].

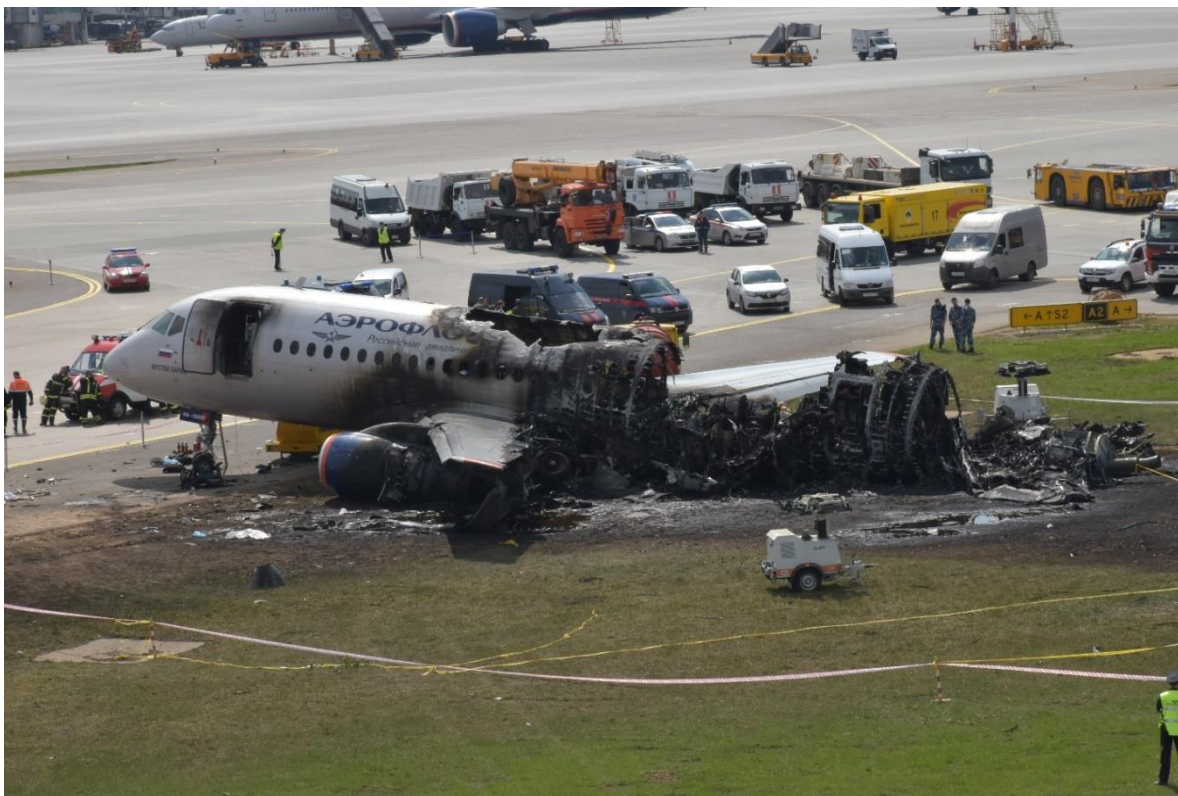


Рис. 1. Вид воздушного судна RRJ-95B RA-89098 после АП [4]



Рис. 2. Вид воздушного судна A310 F-OGYP после АП [4]

Эти авиакатастрофы объединяют не только большие человеческие потери, но и схожие обстоятельства, вызвавшие и усугубившие развитие пожара – горение разлитого

в результате «жесткой» посадки авиационного топлива и не выключенные после остановки самолёта двигатели, нагнетающие в зону горения воздух.

Для определения частотности проявления указанных факторов были обработаны статистические данные МАК за 2004–2020 гг. и выбраны события, возникшие в результате авиационных происшествий, связанных с разливом и последующим возгоранием авиационного топлива на взлетно-посадочной полосе. Полученные данные о человеческих жертвах представлены в табл. 3.

Таблица 3. Количество погибших пассажиров в результате пожаров, связанных с разгерметизацией топливных баков при аварийной посадке (пассажирские самолеты с количеством пассажиров на борту более 10 чел.)

№	Номер воздушного судна и дата происшествия	Количество погибших	Количество пассажиров	Потери, %
1	Ан-24 RA-46489, 16 марта 2005 г.	28	52	54
2	Ту-154, 1 сентября 2006 г.	28	148	19
3	A310 F-OGYP, 9 июля 2006 г.	125	203	62
4	Боинг-737 EX-009, 24 августа 2008 г.	64	90	71
5	АП, Ту-154Б RA-85588, 1 января 2011 г.	3	134	2
6	Ту-134 RA-65691, 20 июня 2011 г.	47	52	90
7	ATR-72 VP-BYZ, 2 апреля 2012 г.	33	43	77
8	Boeing 737-800 VQ-BJI, 1 сентября 2018 г.	0	172	0
9	Ан-24РВ RA-47366, 27 июня 2019 г.	2	47	3
10	RRJ-95B RA-89098, 5 мая 2019 г.	41	78	53

Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод о том, что из десяти произошедших аварий в восьми случаях погибло более 53 % пассажиров. И только в аварии с Boeing 737-800, произошедшей 1 сентября 2018 г. в аэропорту г. Сочи, удалось спасти жизни всех пассажиров в результате благоприятных метеоусловий (при посадке шел проливной дождь), а также слаженных действий экипажа и наземных служб.

Результаты сравнительного статистического анализа количества человеческих жертв при всех авиационных происшествиях (табл. 1) с количеством человеческих жертв, вызванных возгоранием пассажирских авиалайнеров от разлитого топлива (табл. 3), представлены в табл. 4. К сожалению, в приведенной статистике за сухими цифрами статистического анализа стоят человеческие жизни, которые можно было бы спасти в случае более совершенной системы обеспечения пожарной безопасности.

При падении воздушного судна с высоты у пассажиров практически отсутствует шанс сохранить свою жизнь. Однако при возникновении пожара на взлетно-посадочной полосе (земле) шансы на выживание пассажиров и членов экипажа напрямую зависят от надежности системы обеспечения пожарной безопасности, включающей в себя: действия членов экипажа, объемно-планировочные решения, выполненные на борту воздушного судна, наличие, тип и доступность огнетушащих средств, наличие систем противопожарной защиты и т.д.

Таблица 4. Результаты сравнительного анализа человеческих жертв в годы, связанных с возгоранием разлитого топлива в результате аварийной посадки

Год	Количество погибших пассажиров в результате пожаров, связанных с возгоранием разлитого топлива, чел.	Общее количество погибших пассажиров в авиационных катастрофах за год, чел.	Процентное соотношение, %
2005	28	101	28
2006	153	465	33
2008	64	231	28
2011	50	187	27
2012	33	127	26
2019	43	97	44

Также необходимо совершенствовать с точки зрения пожарной безопасности материалы, применяемые для отделки салона пассажирских авиалайнеров в целях уменьшения токсичности продуктов горения и скорости распространения пламени. Вышеуказанные меры будут способствовать увеличению шансов пассажиров на спасение.

Литература

1. Статистические данные перевозки пассажиров. URL: <https://favt.gov.ru/deyatelnost-vozdushnye-perevozki-perevozki-passazhirov/> (дата обращения: 06.03.2021).
2. Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 18 июня 1998 г. № 609. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
3. Соглашение о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства от 21 дек. 1991 г. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
4. База по расследованиям авиационных происшествий. URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/> (дата обращения: 03.03.2021).



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Байгишиев Шамиль Байгишиевич – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Воронцова Анна Анатольевна – вед. науч. сотр. отд. пож. безопасн. транспорта Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), канд. физ.-мат. наук;

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

Ивахнюк Сергей Григорьевич – зам. нач. Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), канд. техн. наук;

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;

Лабинский Александр Юрьевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: labinskyi.a@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Пермяков Алексей Александрович – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. 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. техн. наук, доц.;

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

Сафина Лейсан Салаватовна – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Скодтаев Сослан Владиславович – ст. науч. сотр. отд. эксперт. пож. и организации подготовки экспертов Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35);

Черкасов Евгений Юрьевич – ст. науч. сотр. отд. пож. безопасн. транспорта Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), канд. техн. наук;

Эльгукаев Шамиль Алиханович – 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-лейтенант внутренней службы, кандидат технических наук, доцент 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, 3 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

№ 4 – 2021

The Editorial Board

Chairman – Candidate of Technical Sciences, Docent General-the Lieutenant **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 Technical Sciences, Docent Olga A. Zybina, Deputy Head of the University for 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 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 **Sergey V. Sharapov**, Professor of the Department of Criminalistics and Engineering Expertise Deputy Head of the University;

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 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 – Major **Irina V. Dmitrieva**, chief editor of editorial department.

Members of the editorial staff:

Candidate of Pedagogics Science **Tatyana A. Kyzmina**, Associate Professor of the Department of supervision (responsible for the release);

Major **Sergey V. Ilnitskiy**, Lecturer at the Department of supervision;

Major **Alexander E. Gaidukevich**, senior Researcher of the Department of Innovation and Information Technologies in Fire Examination of the Scientifically Research Institute of perspective researches and innovative technologies in the field of health and safety;

Candidate of Technical Sciences, Docent **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, Docent, Colonel **Anna A. Medvedeva**, chief of the international department and information policy;

Candidate of Technical science, Docent, 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.

CONTENT

FIRE INSPECTION ACTIVITY

Salnikov A.V., Kuzmina T.A. «Inquiry» module of the automated analytical support and management system of the control and fire inspection bodies of EMERCOM of Russia	57
--	----

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR PREVENTING AND EXTINGUISHING FIRE

Safina L.S., Baigishiev Sh.B., Zyuzina N.V., Elgukaev Sh.A. , Establishing the degree of potential fire hazard of high-rise buildings in the city of Ufa	64
Labinsky A.Yu. On the issue of designing steam fire extinguishing systems	67
Kuzmin A.A., Romanov N.N., Permyakov A.A. Increasing the fire resistance of fibrous thermal insulation materials using aerogels	71
Labinsky A.Yu. Building structures in fire conditions	77
Kuzmin A.A., Romanov N.N., Permyakov A.A. Thermocapillary convection in hydrocarbons under the influence of thermal radiation from a fire	84

DIALOGUES WITH SPECIALISTS

Vorontsova A.A., Skodtaev S.V., Cherkasov E.Yu., Ivakhnyuk S.G. Analysis of statistical data on accidents related to aircraft ignition from spilled fuel as a result of an emergency landing according to the data of the Interstate Aviation Committee for 2004–2020	89
--	----

Information about authors	94
Summary of information	96

Full or partial reprint, reproduction, reproduction or other use of materials published in the
journal

« Fire inspection activities and judicial expertise in the fire security system»,
without the written permission of the publisher is not allowed

ББК H96C+Ц.9.3.1+X.5
УДК 349

Feedback and suggestions should be sent to the address: 196105, St. Petersburg, Moskovsky pr., 149.
Editorial office of the journal " Fire inspection activities and judicial expertise in the fire security system"
Tel. (812) 645-20-35. e-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Official website of the scientific and analytical
journal WWW.ND.IGPS.RU
The official website of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia:
WWW.IGPS.RU.

ISSN 2304-0130

© Saint-Petersburg University of State Fire Service
of EMERCOM of Russia, 2021

FIRE INSPECTION ACTIVITY

MODULE «RECOGNITION» OF THE AUTOMATED ANALYTICAL SUPPORT SYSTEM AND MANAGEMENT OF CONTROL AND FIRE INSPECTION BODIES EMERCOM OF RUSSIA

A.V. Salnikov;

T.A. Kuzmina.

Saint-Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia

A part of the regulatory framework is designated that defines an automated analytical system for support and management of the control and supervisory bodies of the Ministry of Emergencies of Russia as one of the priority areas of activity of the federal state fire supervision bodies. The main aspects of work in the interface of the «Inquiry» module of the automated analytical support and management system of the control and supervisory bodies of the Ministry of Emergencies of Russia are considered. The main disadvantages of the «Inquiry» module and the prospects for its further development as an accounting and registration system of inquiry in cases of fires are analyzed.

Keywords: automated analytical system for support and management of the control and supervisory bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia, inquiry, registration and registration system, control and supervisory activities, reform of control and supervisory activities

1. General Provisions.

Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated May 2, 2006 № 270 «On approval of instructions on the procedure for receiving, registering and checking reports on crimes and other incidents in the bodies of the state fire service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of the Consequences of Natural Disasters», the procedure for receiving, registering and verifying messages has been determined about crimes and other incidents by the bodies of the federal state fire supervision of the EMERCOM of Russia (FGPN) [1].

On December 21, 2020, the Ministry of Emergency Situations of Russia issued order № 973 «On the continuation of the pilot operation of the fire accounting module and their consequences of the automated analytical system for support and management of the control and supervisory bodies of the EMERCOM of Russia». This system was developed by specialists from the Department of Supervision and Preventive Work (DPR) [2]. Since January 2021, employees of territorial subdivisions of supervisory activities have been recording fires and their consequences in a separate AAS KND module in parallel with the StatPozh database of fires and their consequences, developed by the FSBI All-Russian Order of the Badge of Honor, Research Institute of Fire Defense EMERCOM of Russia », Which the bodies of the FGPN are guided on a daily basis in the exercise of their powers. However, until a certain time, a unified system was not created that would include all areas of the FGPN activity. AAS KND turned out to be such a system, which included modules and registers in various areas of activity (register of owners, register of protection of the population and territories from emergencies (ZSTCHS), register of manufacturers (suppliers), module of inquiry on fire cases, module of fire accounting and their consequences, etc.).

The order of the Ministry of Emergencies of Russia dated September 29, 2021 № 848 «On the pilot operation of the information system» Automated analytical support and management system of the control and supervisory bodies of the EMERCOM of Russia determined the terms and procedure for the pilot operation of the AAS KND as a whole. The main task of the tests is to identify shortcomings in the exercise of their powers by the FGPN bodies by working

in the interface of the main registers and AAS KND modules. Work in the indicated direction is carried out to this day. Currently, the functional capabilities of the AAS KND are being finalized in all directions. The composition of the working group was determined, consisting of representatives (chiefs, deputy chiefs) of the departments for supervisory activities and preventive work of the head subjects of the Russian Federation – the Republic of Bashkortostan, the Vologda region, the Lipetsk region, the Moscow region, the Nizhny Novgorod region. Refinement of functionality and the interface of the «Inquiry» module is coordinated by the Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Nizhny Novgorod region.

Let us consider the specifics, problems and further development of the «Inquiry» module of the AAS CPV as one of the priority areas of activity of the FSPS bodies.

For the bodies of FGPN, this topic is relevant primarily from the point of view of how taking into account the intensive digitalization, the organization of work will be carried out in this direction against the background of a significant workflow in the form of books, magazines, etc., as well as a significant amount of information [3–6].

Will the Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia of May 2, 2006 № 270 continue to operate?

«On approval of instructions on the procedure for receiving, registering and checking messages on crimes and other incidents in the bodies of the state fire service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of the Consequences of Natural Disasters?» [1] Most likely it will be, however, with some changes in the regulatory framework, providing for the digitalization of the above direction by making appropriate adjustments into the content of regulatory legal acts [7–9].

2. Interface of the module «Inquiry» AAS KND.

The entrance to the «Inquiry» module is carried out by entering the address <http://mup.gpn.mchs.ru> into the address bar of the browser (from the English web browser – application software for viewing pages, the content of web documents) when the computer is connected to the Intranet ... At the moment, it is possible to enter the «Inquiry» module through an Internet connection.

Users of the «Inquiry» module are officials of structural divisions of territorial bodies of the EMERCOM of Russia, whose sphere of competence includes the organization and implementation of federal state fire supervision (bodies of the State Fire Service of the Main Directorate of the Ministry of Emergencies of Russia for the constituent entity of the Russian Federation), as well as officials of structural divisions of special and military units federal fire service, whose sphere of competence includes issues of organization and the implementation of federal state fire supervision (bodies of the State Fire Service of special or military units of the Federal Border Guard Service of the State Fire Service) [10].

For authorization in the «Inquiry» module, credentials are used, which must be entered in the register of subdivisions and officials of the AAS KND. As part of the transition to a centralized system for managing the authorization and identification of users of the «Inquiry» module of the AAS KND, connection to it must be provided before the completion of its trial operation.

Adjustment of the functionality of the «Inquiry» module is carried out by the federal state budgetary institution «Information and Analytical Center of the Ministry of Emergencies of Russia» at the request of the DNPR, agreed with the Department of Information Technologies and Communications.

The «Inquiry» module provides the following functionality:

- registration of messages about crimes in the book of registration of messages about crimes (CRSP);
- registration of messages about fires and other incidents in the log of messages about fires and other incidents (LRP);
- control over the activities of the inquiry officer;
- creation and storage of basic document templates prepared daily by interrogators;
- interaction with experts of forensic institutions (SEU) on the local network;

- automation of procedural actions and decision-making;
- reassignment of tasks to the employees of the division and the heads of other divisions;
- conducting an investigation by a group of interrogators;
- maintaining a register of materials for preliminary checks;
- keeping a register of criminal cases in the proceedings of the inquiry officer;
- keeping a log of the rejected materials;
- keeping records of messages transmitted by territoriality;
- running a savings business.

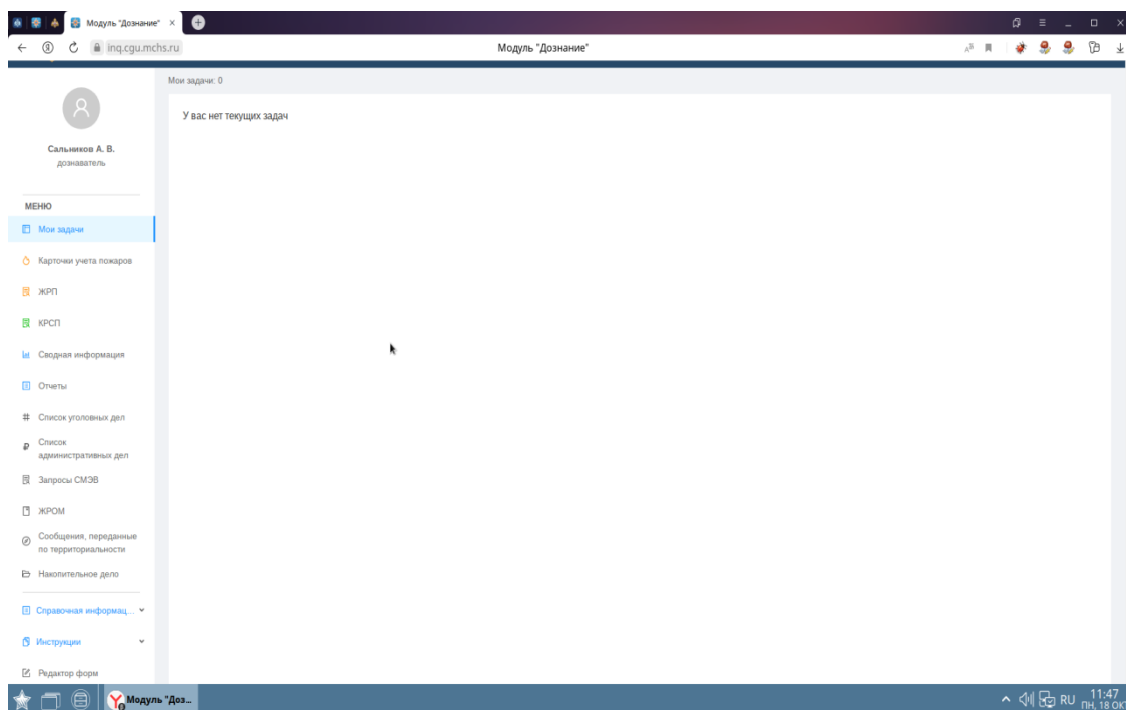


Fig. Screenshot of the account of the authorized user of the module «Inquiry»

The interface of the «Inquiry» module is presented in the following form (fig.):

1) «My tasks».

The section displays the current tasks of the user. Messages from LRP are highlighted in orange, messages from KRSP are highlighted in green. For each task, the user can view a summary of the message by clicking on the down arrow on the «Tasks» icon, and also go to the message view page. User can set parameters for search and sorting tasks. To the right of the list of tasks is a form with actions for the selected task.

2) «Fire records».

The section provides an opportunity to register a message in the maintenance department based on the selected fire accounting card. To register a message on the basis of the selected fire accounting card, it is necessary to click on "Register message in the ZhRP" in front of the required card. This will open the form "RCC message" with the filled-in fields from the fire accounting card.

3) «ZhRP».

The section contains a list of all registered messages about fires and other incidents.

4) «KRSP».

This section contains a list of all reported crime reports.

5) «List of criminal cases».

The section contains information about all criminal cases in which an investigation is ongoing or has already been completed. The entry on this page appears automatically after a decision is made to initiate a criminal case.

6) «List of administrative cases».

The section contains information about all administrative cases on which work is in progress or has already been completed. The entry on this page appears automatically after a decision is made to initiate an administrative case.

7) «Messages transmitted by territoriality».

This section contains messages that have been forwarded to this department, as well as messages that this department has sent to another department. The entry on this page appears automatically after deciding to send a message by territoriality.

8) «LIQUID».

The entry on this page is created automatically after a decision is made about writing off a message to the registration log of rejected materials. The page stores the record number and its creation date, and it is also possible to go to the message, by which the entry was created.

9) «Savings case».

The entry on this page is created automatically after a decision is made. about writing off a message to a cumulative case. The page contains information about who and when he has drawn up a cumulative case, what materials were attached, it is also possible to go directly to the message.

10) «Reports».

The section is currently under construction. While it is possible to form only the «Act of reconciliation of the completeness of registration of reports of crimes and other incidents».

11) «Summary information».

This page displays the current number of cases that are currently in production. Also, here you can see summary information for a certain period. A user with the «Chief» role sees all the information on his department, a user with the «Inquirer» role only sees his own affairs.

All actions in the «Inquiry» module are based on the logic of business processes, that is, each subsequent action can be carried out only in strict observance of the order of the logical chain. At the moment, the logic of the «Inquiry» module does not seem entirely correct, since it has untimely actions (for more details, see section 2.3 Problems of the «Inquiry» module of the AAS KND).

2.2. Advantages of the module «Inquiry» AAS KND.

The undoubted advantages of the «Inquiry» module as a component of the AAS CPV include:

- implementation of the priority project «Improving the function of state supervision of the EMERCOM of Russia within the framework of the priority program «Reform of control and supervision activities» [11];
- automation of the implementation of a risk-oriented approach in the implementation of control and supervisory activities;
- automation of planning of preventive measures;
- systematization of the mandatory requirements of control and supervisory activities;
- interconnection of the «Inquiry» module with other modules and registries;
- reduction of procedural costs;
- transparency of accounting and registration functions;
- simple and affordable control over subordinate units;
- the ability to correct and edit erroneous entries.

2.3. Problems of the module «Inquiry» AAS KND.

In order for the «Inquiry» module to have a practical application, the logic of conducting pre-investigation actions must be traced in it, and there must be a connection with the «Fire accounting» module.

It all starts with registration in the ZhRP (up to the fire accounting card), after which the issue of the need to register the fire is resolved, and, accordingly, the fire accounting card is issued. Further, the message is either re-registered in the KRSP, or written off to the accumulative case.

Based on the results of consideration of a message registered in the KRSP, there can be three decisions – to initiate a criminal case, to issue a resolution on its transfer according to the investigative jurisdiction or to issue a resolution on refusal to initiate a criminal case. In this case, the third solution should automatically transfer the work to the block of the register of refusal materials (LROM). Nowadays there is no such logic in the module.

When interacting with the responsible technical staff of the DNPR at the meeting of the working group it was determined that it is not possible to remake the interface of the module in the form of «magazines and books» familiar to interrogators, since the terms of reference at this stage cannot be revised. At the stage preceding testing, there was no interaction with the subject-specific departments of administrative practice and inquiry in order to pre-lay in the basis of the «Inquiry» module, the most correct decisions that comply with the provisions of regulatory legal acts.

Currently, the priority of the «Inquiry» module is lower than that of the others, which is why making changes to the interface and functionality of the module assumes a long-time frame.

3. Proposals for improving the functionality and interface of the «Inquiry» module.

After testing the interface of the «Inquiry» module and its functionality, a number of significant shortcomings were identified that dramatically affect on the correctness of the accounting and registration system as a whole.

Let's list the most significant proposals:

– Provide in the module interface tabs for making further decisions as reported by «ZhRP» in accordance with the order of the Ministry of Emergency Situations dated May 2, 2006 № 270 [1], namely in the form of tabs with the following content:

- 1) re-register the message with the KRSP;
- 2) transmit a message on territoriality / jurisdiction;
- 3) write off the materials of the message to the accumulation file;
- 4) delete the message.

– Remove the «Assign an examination» and «Archive» tabs due to the fact that the appointment of an examination at this stage of the examination is untimely (i.e. it is necessary to move the tab in accordance with the procedure for procedural actions), and instead of submitting the archive should provide for a procedure for writing off to an accumulation file.

– Provide in the module interface tabs for making further decisions according to the message «KRSP» in accordance with the provisions of Art. 145 of the Criminal Procedure Code of the Russian Federation [12], namely in the form of tabs with the following content:

- 1) initiate a criminal case;
- 2) refuse to initiate a criminal case (VUD);
- 3) transfer the message according to the investigative jurisdiction.

– Provide for the automatic assignment of serial numbers in the sections «LRP» and «KRSP» in accordance with the order of the information entered. Within this however, it is necessary to provide for each territorial department of supervisory activities (TOND) to have a separate automatic counting of numbers, so that in the future, administrators of supervisory activities (OOD) could filter the information of the required unit, having previously selected it in a separate drop-down list.

– Execute the column «Outgoing № of materials of the accumulation case» is optional. Add in front of this column the mark «Transfer by jurisdiction / territoriality» and only in this case propose filling in the column «Outgoing № of materials of the accumulation case».

– Provide in the «Reports» section the formation of basic reports (such as 2-GPN) and a report designer, that is, the ability to generate a form and download the required report based on the specified parameters (by analogy with the request module for accounting for fires and their consequences).

– Provide conjugation of the field «CUP number» when editing a message in the section «KRSP» with a module for accounting for fires and their consequences in the form of the possibility of choosing an EKUP from the drop-down list, when entering the EKUP number.

– Provide in the block diagram of business processes in the section «Registration of the message» in addition to the section «The applicant came in person» to provide for the section (in accordance with Art. 140 of the Code of Criminal Procedure of the Russian Federation [12]) «A report of the crime was revealed by the body of the State Tax Service of the Federal Border Guard Service» – «Message about a committed or impending crime, obtained from other sources», that is, the third basis for initiating a criminal case.

– Provide in the block diagram of business processes in the section «Registration of the message», in addition to the section «The applicant came in person», the fourth ground for initiating a criminal case (in accordance with Article 140 of the Criminal Procedure Code of the Russian Federation [12]) – «Resolution of the prosecutor on sending relevant materials to the preliminary investigation body to resolve the issue of criminal prosecution».

– Provide in the module a new section «Deadlines for inspections», in which for each territorial department of supervisory activities separately provide:

1) notification of the end of the verification period for the employee performing the verification by message (duplicated in the «My tasks» section);

2) notification of the end of the verification period for the head of the territorial unit in the «All tasks» section.

Submit the specified in the form of a list (KRSP №, message date, address, etc., renewal period), highlighting (for example, in red) the message, verification period which expires in the near future (verification period 3 days – 1 day in advance; period extended up to 10 days – 2 days in advance; the term was extended to 30 days – 3–4 days).

– Provide for the display of summary data for each territorial department of supervisory activities. That is, when choosing one of the positions (by clicking the mouse button), it is proposed to display the corresponding information for the unit (if this section is used by employees of territorial departments). For administrators and employees of the Main Directorate staff, this information should be displayed for the region as a whole, and there should also be a drop-down list with the names of divisions to conduct a qualitative and quantitative analysis of the indicators of each division.

It should be noted that proposals were also sent to the DPR to supplement the functionality of the «Inquiry» module with reference books and other information collections, in particular:

– telephone directory of bodies and subdivisions of inquiry of the State Fire Service of the Federal Border Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the constituent entities of the Russian Federation;

– classifier of codes of divisions of bodies of inquiry for assigning numbers of criminal cases;

– an informational collection of the most difficult criminal cases to investigate over the past 10 years (including anonymized documentation containing non-specific information identified by interrogators);

– information collection of experience in the investigation of crimes related to wildfires.

Among other things, changes are being made to the forms of documents. Note that the list of these proposals is not exhaustive.

4. Conclusions.

At this stage, the «Inquiry» module is software that needs further revision.

Taking into account the aforementioned shortcomings, the testing of the module is completed at the stage of creating a message in one of the sections (LRP or KRSP).

Thus, until the main proposals for making changes to the logic of «business processes» and to the interface of the module are implemented, further testing of the functionality of the module seems to be a dead end.

References

1. On approval of the instruction on the procedure for receiving, registering and checking reports of crimes and other incidents in the bodies of the state fire service of the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergency situations and liquidation of the consequences of natural disasters: order of the Ministry of Emergencies of Russia dated May 2, 2006 № 270 Access from the reference legal system «ConsultantPlus».

2. Automated analytical system for support and management of the control and supervisory bodies of the Ministry of Emergency Situations of Russia (AAS KND) / D.M. Porsov [and others]; copyright holder: the Russian Federation, on behalf of which the EMERCOM of Russia acts; Application number and date of receipt: 2018612050 from 26 Feb. 2018; Date of publication: June

25, 2018 on the state registration of the computer program № 2018617462. Access from the reference legal system «ConsultantPlus».

3. Kuzmina T.A., Salnikov A.V., Maer O.M. On the issue of digitalization of the federal state fire supervision // Fire safety: modern challenges. Problems and solutions: materials of Vseros. scientific-practical conf. SPb.: St-Petersburg. University of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2021. Pp. 19–21.

4. Romanskaya V.A. Digitalization of state fire supervision // Information technologies as the basis for progressive scientific research: collection of articles. Art. Int. scientific-practical Conf. Perm, Ufa: OOO Aeterna, 2020. Pp. 198–200.

5. Sednev An.V., Sednev V.A. Ways to increase efficiency of use and provision information security in organizational structures. In the book: Civil defense on the guard of peace and security. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference on World Civil Defence Day. In 3 parts. Part 2. 2020. P 50–58.

6. Bobrov A.I., Chuikov A.M., Kuzmina T.A. Informatization of supervisory processes in the EMERCOM of Russia. Modern technologies for ensuring civil defense and liquidation of the consequences of emergency situations: collection of articles. Art. based on materials from the X Vseros. scientific-practical conf. with int. uch. Apr 18 2019 Voronezh: Voronezh Institute – branch of Ivanovskaya fire-rescue acad. State fire service of the Russian Emergencies Ministry, 2019. Pp. 43–45.

7. On state control (supervision) and municipal control in the Russian Federation: Feder. Law Ros. Federation of July 31, 2020 № 248-FZ (as amended and supplemented) (Art. 17, Art. 21, Art. 96). Access from the reference legal system «ConsultantPlus».

8. On the approval of the Departmental Program for Digital Transformation of the EMERCOM of Russia for 2021 and for the planning period of 2022 and 2023: order of the EMERCOM of Russia dated October 20. 2021. № 917. Access from the reference legal system «ConsultantPlus».

9. Salnikov A.V., Kuzmina T.A. Advantages and potential issues of the Federal Law of July 31, 2020 № 248-FZ «On state control (supervision) in the Russian Federation» // Supervision and forensic expertise in the security system. 2021. № 1. P. 10–18.

10. On the federal state fire supervision (together with the «Regulations on Federal State Fire Supervision»): Resolution of the Government of the Russian Federation. Federation of April 12. 2012. № 290 (with amendments and additions). Access from the reference legal system «ConsultantPlus».

11. Passport for the implementation of the project «Improving the function of state supervision of the EMERCOM of Russia within the framework of the implementation of the priority program Reform of the control and supervisory activities»: approved. minutes of the meeting. project. committee from 13 Feb. 2018 № 1. Access from the reference legal system «ConsultantPlus».

12. «Criminal Procedure Code of the Russian Federation» from 18 December. 2001 year № 174-FZ (with amendments and additions). Access from the reference legal system «ConsultantPlus».



PROBLEMS AND PROSPECTS FOR PREVENTING AND EXTINGUISHING FIRE

ESTABLISHING THE DEGREE OF POTENTIAL FIRE HAZARD OF HIGH-RISE BUILDINGS IN THE CITY OF UFA

L.S. Safina; Sh.B. Baigishiev; N.V. Zyuzina; Sh.A. Elgukaev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Some aspects of fire hazard during the construction and operation of high-rise residential buildings are considered. The ways of their solution are offered.

Keywords: high-rise buildings, fire protection, fire safety requirements, fire hazard

At present, the increase in the cost of land, its shortage in the territory of a large city for residential and office premises inevitably leads to the need for the construction of high-rise multi-storey buildings. Such buildings are subject to increased requirements for reliability and fire safety, and in particular for fire protection systems [1].

Lack of domestic experience in this type of construction and the absence of well-grounded and clearly formulated legal norms impose certain difficulties in solving the problems facing architects, designers and builders. Let's consider these problems on the example of Ufa.

Ufa is actively growing every year, the number of high-rise buildings is increasing. Among the high-rise buildings in Ufa, there are buildings with a height of more than 50 m [2]. These are objects with a mass presence of people with premises for their residence and (or) activities.

Most of the high-rise buildings in the city of Ufa have 19–20 floors. 15 urban buildings have 21–24 floors, 16 buildings have 25 floors, and 9 have 26 floors. Today, on average, the height of buildings in Ufa does not exceed 23–24 floors, and even in the case of a higher number of storeys, many buildings reach standard high-rise sizes of 75 m due to basement floors, the need for which arises due to the terrain.

At the same time, 31,6 % of the total area of housing development in the Republic of Bashkortostan is made up of residential buildings from 9 to 12 floors [3]. 24,5 % are residential buildings with a height of 25 and more floors, for comparison, on the territory of the entire Russian Federation, this indicator stopped at the level of 13,2 %.

In recent years, high-rise housing construction has been actively developing in Ufa, as the need for building areas has increased with a large deficit and the cost of land on the territory of the Republic of Bashkortostan.

The tallest buildings built on the territory of Ufa include the 26-storey office of Uralsib Bank, built back in 1999, with a total height of 100,5 m and the residential complex «Idel Tower», erected in 2018, with 31 floors and a height of 102,3 m (according to the original project, its height was planned to be 155 m, and the number of floors reached 42, but the final version was redesigned downward) [4].

The main positive side of high-rise buildings in the urban environment is the efficient use of the urban area and cost savings for the creation of infrastructure, due to the fact that the supply of all communications to a high-rise building is much more economical than the supply to a five-story residential pulp in the calculation per square meter of area.

The second plus is the environmental friendliness of the upper floors due to the lack of gas pollution and noise. It should be noted that high-rise buildings are an adornment of urban development, they give the city expressiveness and modernity.

The disadvantages of high-rise construction include: additional measures to stabilize wall structures experiencing colossal stress; an increase in the number of elevators (according to the requirements, at least three). The elevator car, which rises to 12 floors, has a cable weighing 5–6 tons, while for a 30-storey building this is already 15 tons or more and significantly higher electricity costs [5]. It is necessary to provide for a fire-safe dividing floor in complex buildings with a height of more than 75 m, where in an emergency situation people can go down or go up before evacuation, and a helipad, as well as a separate room for additional pumping stations for pumping water (with a building with more than 12 storeys). We must not forget that in order to ensure fire protection, the window sill of the uppermost residential floor should be no higher than 70 m (the maximum length of the fire escape) from the place where the fire engine drives.

When extinguishing fires in high-rise buildings, the main critical factors are [6]:

- high rate of vertical development of the fire;
- the creation of dense smoke along the entire height of the building, as well as the rapid spread of dangerous fire factors along the vertical;
- fires in such buildings are of great difficulty for fire and rescue units;
- blocking of evacuation routes by dangerous fire factors.

The risk category, including fire, poses a great danger to people and rises with each floor of a high-rise building. Recently, 62 fires have occurred in buildings with a height of more than 25 m and in residential buildings with more than 10 floors [7].

Serious fire safety requirements are imposed on modern high-rise buildings. First of all, they must be made of fire-resistant structures. and materials, the insulation should be inside the walls, and not on the facade under tiles or siding. In such buildings, the minimum width of corridors and marches should be at least 1,2 m. If a high-rise building belongs to the category of public buildings, it must also provide automatic fire alarms and fire hydrants [8].

Recently, in high-rise residential buildings and office buildings under construction in Ufa, it is practiced to install automatic fire detection sensors not only in public places, but also in apartments and rooms, promptly notifying residents of a fire. A novelty of modern technologies is a pyrostiker - an autonomous fire extinguishing device with a thermally activating extinguishing agent. It is advisable to place the pyrostiker in fire-hazardous places, for example, in electrical control rooms, where electrical equipment can cause a fire.

During fires, units of the Ministry of Emergency Situations of Russia use various technologies for rescuing people: ladders, articulated car lifts, rescue equipment complexes, gas and smoke protection vehicles.

The Main Directorate of the EMERCOM of Russia in the Republic of Bashkortostan has special firefighting equipment to save people; a special ladder is attached to the lifting cradle, along which people can be descended from the upper floors (Fig. 1), as well as a MI-8 helicopter for extinguishing an external fire on the upper floors of high-rise buildings [9].



Fig. 1. Rescue Hose

All these safety measures, as practice shows, do not guarantee the absence of fires in multi-storey high-rise buildings in Ufa, the main cause of which is the human factor.

A good example is the fire in 2016 of a 13-storey building under construction of the business center of the Bashkir Generation Company on the street. R. Sorge, no. 3 (fig. 2).



Fig. 2. Fire in the building of the business center of the Bashkir generating company

The arriving fire brigades could not quickly cope with the elements, fire escapes did not reach the upper floors, where the fire quickly spread. The damage from the fire is colossal, one person died and 5 injured [10].

Summarizing the above, we can conclude:

- high-rise buildings, regardless of their functional purpose, are one of the most difficult objects in the work of rescuers, they have a high degree of potential fire hazard;
- currently applied fire safety measures and the security of high-rise buildings have large gaps and are insufficient.

There is a great need to constantly work to improve technical solutions and measures in the field of fire safety in high-rise residential buildings.

It is proposed to find solutions not only by equipping the garrison fire protection units with modern models of firefighting equipment, since this method is not always effective due to the fact that buildings are being built more than 55 m. It is also necessary to focus on providing internal fire protection systems: automatic fire protection installations alarms, automatic fire extinguishing systems, integrated smoke protection, fire warning systems and evacuation management, internal fire-fighting water supply and fire elevators.

References

1. Technical regulations on fire safety requirements: Feder. the law Ros. Federation of July 22, 2008 № 123-FZ. Access from the reference legal system «ConsultantPlus».
2. SP 477.1325800–2020. High-rise buildings and complexes. Access from the reference legal system «ConsultantPlus».
3. SP 54.13330-2016. Residential apartment buildings // Garant: inform. legal support. M., 2019.
4. The first skyscraper ... URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2700022> (date of access: 20.10.2021).
5. GOST 22845–2018. Elevators are electric. Installation and commissioning. Access from the reference legal system «ConsultantPlus».
6. Kiryukhantsev E.E., Ivanov V.N. On increasing the efficiency of extinguishing fires in high-rise buildings. M.: Acad. State Fire Service EMERCOM of Russia, 2011.

7. Fires and fire safety in 2020: stat. Sat. / under total. ed. D.M. Gordienko. Moscow: VNIPO, 2021.112 p.
8. SP 484.1311500–2020. Fire alarm systems and automation of fire protection systems. Access from the reference legal system «ConsultantPlus».
9. Hose rescue devices. URL: <https://ru-bezh.ru/ekspertyi-vniipo/26391-ustrojstva-rukavnyie-pozharno-spasatelnyie> (date accessed: 20.10.2021).
10. A fire in a house under construction ... URL: <https://ufa.bezformata.com/listnews/pozhara-v-stroyashem-sya-biznes-tcentre/50968249/> (date accessed: 20.10.2021).

ON THE ISSUE OF DESIGNING STEAM FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS

A.Yu. Labinsky.

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

A mathematical model for calculating the process of condensation of water vapor used to extinguish a fire is considered. The mathematical model is implemented as a computer program. The results of modeling the condensation process are presented. The object of research is water vapor. The research method is computational experiments on a computer model.

Keywords: water vapor, condensation process, mathematical model, computational experiments, computer program

Introduction

Many modern enterprises have in their composition various heating systems for premises due to the use of boiler installations of various steam capacities, which can be used to extinguish a fire in premises. The process of diluting the air in a burning room with water vapor can be used to extinguish a fire by reducing the concentration of oxygen in the air entering the combustion zone. «When the volumetric concentration of water vapor reaches about 30 %, the combustion process begins to decay» [1].

When steam is supplied to a burning room, which usually occurs in the initial period of fire development, the temperature on the walls of the room may be lower than the saturation temperature of water vapor. In this case, condensation of water vapor occurs on the walls of the room, which leads to a decrease in the volumetric concentration of vapor. in room. As a result, the steam extinguishing effect is reduced, which requires the supply of additional amount of water vapor to the burning room.

Let us formulate the problem statement: It is necessary to simulate the process of condensation of water vapor on a vertical surface (a wall of a room with a fire source).

The object of research is water vapor, which enters the room to extinguish a fire by reducing the concentration of oxygen in the air.

Research method – computational experiments on the developed computer model of the process of condensation of water vapor, implemented in the form of a computer program.

Simulation of the steam extinguishing process

When modeling the process of steam extinguishing, the following assumptions were made:

- the steam extinguishing process is considered stationary;
- the process of condensation of water vapor is considered independent of the orientation of the surface of the walls in space;
- the temperature of the surface of the walls, floor and ceiling of the room is considered the same at all points of the surface.

During condensation, water vapor, in contact with the surface of the room, which has a temperature below the saturation temperature of water vapor, turns into a liquid, giving

the surface the latent heat of condensation. In this case, two modes of condensation are usually distinguished:

- drip mode, in which condensate is deposited on the surface in the form of separate liquid droplets;

- film mode, in which the condensate is deposited in the form of a liquid film.

In the drop mode of condensation of water vapor, the heat transfer coefficient is higher than in the film mode. However, this condensation mode is unstable and is rarely observed.

Of great importance on the intensity of heat transfer during condensation is the content of gases in the vapor, which can accumulate at the condensation surface and, due to the small value of their thermal conductivity, reduce the value of the heat transfer coefficient during condensation. For example, the presence of air in water vapor can reduce the heat transfer coefficient during condensation by about 50 %.

When water vapor condenses on the walls of a burning room, the condensate consumption can be determined by the formula:

$$G_K = Q/R, \text{ kg / s,}$$

where Q is the amount of heat released during condensation, W; R is the heat of vaporization, J/kg.

The amount of heat released during condensation of steam can be determined according to the formula:

$$Q = \alpha * F * \Delta T,$$

where α is the heat transfer coefficient of water vapor, W/m²/K; F – surface area of condensation of water vapor, m²; ΔT – temperature difference of saturation of water vapor and condensation surfaces (room walls) K:

$$\Delta T = T_H - T_{CT}.$$

The saturation temperature of the heat pump of the mixture of water vapor and air in the room is equal to the dew point of humid air. The volumetric concentration of water vapor in air, equal to 30 %, can be achieved at a partial pressure of water vapor $P_H = 0,3$ (bar or kg/cm²) = $0,3 * 10^5$ (Pa or H/m²) and a partial air pressure of 0,7 bar. These parameters correspond to a dew point equal to 343 K or 70 °C.

The heat of vaporization for water vapor in the temperature range from 20 °C to 100 °C varies from 2540 to 2250 kJ/kg.

For horizontal surfaces (floor and ceiling of a burning room) and vertical surfaces (walls of a burning room) heat transfer coefficients are different and are determined by different formulas:

- horizontal surfaces (floor and ceiling):

$$\alpha = 0,15 * (\lambda_K / L) * [Ga * Pr * (1 - \rho_{\Pi} / \rho_B)]^{0,25},$$

where λ_K – coefficient of thermal conductivity of liquid (water), W/m/K; L – linear size of the heat exchange surface, m; Ga is Galileo's number; Pr is the Prandtl number; ρ_{Π} – density of water vapor, kg/m³; ρ_B – air density in the burning room, kg/m³.

- vertical surfaces (room walls):

$$\alpha = 1,33 * [R * \rho_K^2 * g * \lambda_K^3 / (4 * \mu_K * \Delta T * L)]^{0,25},$$

where ρ_K – density of liquid (water), kg/m³; g – acceleration of gravity, m/s²; μ_K – dynamic coefficient of liquid viscosity, kg/m/s.

The dimensionless numbers used in the formula for calculating the heat transfer coefficient for horizontal surfaces are determined by the formulas:

- Galileo number – $Ga = L^3 * g / \nu^2 = L^3 * g * \rho^2 / \mu^2$;

- Prandtl number – $Pr = \mu * c_p / \lambda$,

where c_p – specific heat, J/kg/K.

Galileo's number shows the relationship between the forces of gravity and the forces of viscosity in a medium. The Prandtl number characterizes the degree of similarity between the velocity and temperature fields of the medium.

Modeling the process of condensation of water vapor

There are known computer programs that implement compact analytical dependences for machine calculations of the thermophysical properties of the «steam-water» system [2–9]. The interface of such a program is shown in Fig. one.

To determine the thermophysical properties of water and steam, an international system of equations has been created, which has a high accuracy and describes a wide range of parameters. However, in many cases encountered in practice, the parameters of water and water vapor vary within relatively narrow limits. Therefore, the use of international equations containing a large number of constants with 10 decimal places does not seem appropriate. In this case, it is possible to use compact analytical dependences for machine calculations of the thermophysical properties of the «steam-water» system, in which the thermophysical properties are explicitly expressed through the main design parameters (pressure, enthalpy, temperature).

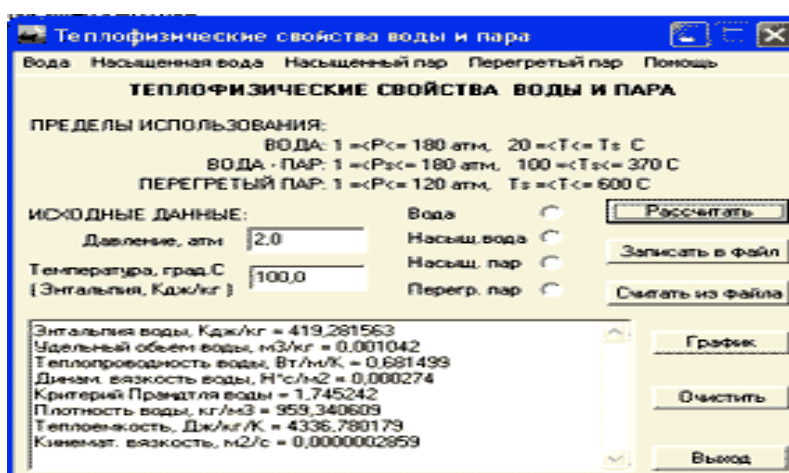


Fig. 1. The interface of the program for calculating thermophysical properties

Limits of using the program for calculating thermophysical properties:

- water: pressure $1 < P < 180$ bar; temperature $20 < T < T_s$ °C;
- water-steam: pressure $1 < P_s < 180$ bar; temperature $100 < T < 370$ °C;
- superheated steam: pressure $1 < P < 120$ бар; temperature $T_s < T < 600$ °C.

The results of calculations of thermophysical properties are output to a file, and can also be drawn up in the form of a graph (Fig. 2).



Fig. 2. Graphical presentation of calculation results

The calculation of the heat transfer coefficients can be performed using a computer program, the interface of which is shown in Fig. 3. The program simulates various heat exchange processes – convection, boiling and condensation, as well as longitudinal and transverse flow, free convection and forced motion. Types of media – water and single-component industrial gases. The program uses 24 methods for calculating the heat transfer coefficient.



Fig. 3. The interface of the program for calculating the heat transfer coefficient

The block diagram of the events of the interface of the program for calculating the heat transfer coefficient is shown in Fig.4.

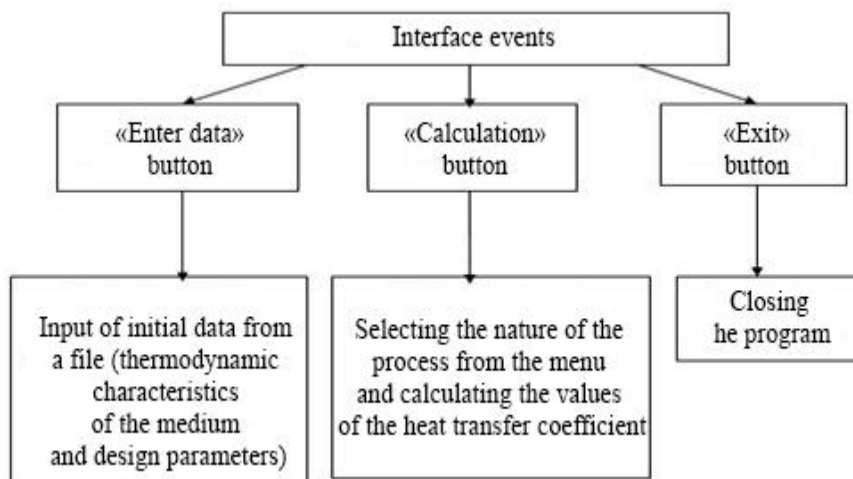


Fig. 4. Block diagram of program interface events

The initial data are the thermodynamic and operating characteristics of the medium and the required design parameters. The thermodynamic parameters of the medium (density, viscosity, heat capacity, thermal conductivity, surface tension) must be calculated in advance and recorded in a file that can be entered into this program. Let's consider an example of calculating the condensation process.

Initial data - properties of water on the saturation line:

- environment pressure $P = 1$ бар;
- characteristic size $L = 3$ м;
- heat of vaporization $R = 2,25 \cdot 10^6$ J/kg;
- kinematic viscosity of the environment (water) $\nu = 2,94$ м²/s;
- dynamic viscosity of the environment $\mu = 2,8 \cdot 10^{-4}$ Па*с;
- thermal conductivity of the environment $\lambda = 0,68$ Вт/м/К.

Calculation results: heat transfer coefficient during condensation on the vertical surface of dry saturated steam $\alpha \approx 370 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

Conclusion

Computer simulation of the process of condensation of water vapor has been carried out on a vertical surface (wall of a room with a fire source). Water vapor is supplied into the room for extinguishing a fire by reducing the concentration of oxygen in the air. Condensation of water vapor on the walls of the room leads to a decrease in the volumetric concentration of steam in the room. As a result, the steam extinguishing effect is reduced, which requires the supply of additional amount of water vapor to the burning room.

The scientific novelty of the research, reflecting the personal contribution of the author, is in the creation by the author of a computer model of the process of condensation of water vapor, implemented in the form of a computer program.

References

1. Yu.A. Nightmars Heat engineering. M.: ITs «Akademkniga», 2007.
2. Kondratyev V.N., Labinsky A.Yu. On the issue of automation of calculations of heat exchange equipment // Chemical and Oil Engineering. 1993. № 6.
3. Labinsky A.Yu. Design of heat exchangers by means of Delphi: monograph. SPb.: St.-Petersburg. un-t EMERCOM of Russia, 2012.
4. Heat engineering. Practical course / G.A. Kruglov [and others]. M.: Lan, 2017.
5. Christian W. Technishe Warmelehre. Leipzig, 2014.
6. Technische Thermodynamik. Dresden: Verlag Theodor Steinkopf, 2015.
7. Websters. New Riverside University Dictionary. The Riverside Publishing Company, 2017.
8. Websters Desk Dictionary of the English Language. The Portland House (Firm), 2015.
9. Comprehensive Russian-English dictionary. M.: «Russian language», 2017.

INCREASING THE FIRE RESISTANCE OF FIBROUS THERMAL INSULATING MATERIALS USING AEROGELS

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

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

A laboratory experiment is described that answers the question to what extent the use of airgel in the structure of fibrous heat-insulating materials makes it possible to maintain the fire resistance of the protected structures in the event of water flow on the open surface of the thermal insulation during the fire extinguishing process. A fibrous material of flexible thermal insulation Alison Aerogel DRT 0610, made on the basis of SiO_2 aerogels, was selected for testing. The results obtained during the measurements show that the differences in temperature fields in a dry and a «wet» sample do not go beyond the instrumental errors. This proves the hydrophobic properties of fibrous thermal insulation materials based on aerogels.

Keywords: fibrous porous heat-insulating material, airgel; fireproof construction, moisture insulation, hydrophobicity

The safe operation of various structures under fire conditions can be ensured by their isolation from the effects of hazardous fire factors using chemically resistant materials of low density.

The study of domestic and foreign sources [1–6] suggests that the best prospects for working in a high-temperature aggressive environment have heat-insulating materials with a fibrous structure on a glass, mineral or other ceramic-oxide base. Such materials retain their thermal insulation properties in an oxidizing fire atmosphere for temperatures of combustion products reaching values of 800°C . Materials with a fibrous structure are used for the manufacture of heat-

insulating hydrophobic shells of building structures and are structurally implemented in the form of flat mats or cylindrical shells.

Modern industry offers a fairly wide range of various types of fibrous heat-insulating materials, which differ in the type of basic mineral fibers and are characterized by a maximum operating temperature and heat-conducting properties.

In terms of operating temperatures, four main groups can be distinguished from the range of fibrous thermal insulation materials:

- medium-temperature materials, in which the maximum value of operating temperatures is limited to 700 °C, which include general-purpose asbestos products, as well as mineral wool and glass wool;

- refractory fibrous insulating products, in which the maximum value of operating temperatures reaches 1750 °C, and which include silicon oxide, aluminum dioxide, magnesium oxide, zirconium dioxide, etc.;

- highly refractory insulating structures, in which the maximum value of operating temperatures is in the range of 2300–2500 °C, which are based on the use of corundum, magnesite, beryllium and scandium oxides;

- especially highly refractory insulating structures, in which the maximum value of the operating temperature exceeds 2500 °C, which are made on the basis of the creation of carbon-graphite structures [2].

Taking into account the possible values of the parameters of the state of combustion products that form during a fire, fibrous heat-insulating materials of the first two groups appear to be the most relevant materials for protecting building structures.

The main technical requirements for such materials include low density, high thermal insulation properties, low intensity of smoke emission, the ability to self-extinguish when exposed to external fire. All the components that make up the thermal insulation system of the building structure must meet these conditions [7].

The hygroscopicity of traditional fibrous thermal insulation materials involves the creation of a waterproof shell on the outer surface of the thermal insulation layer, since exposure to water, commonly used in firefighting, can lead to moisture build-up. The process of moisture collection leads not only to a significant deterioration of the thermal insulation properties of the material, but can also lead to a critical increase in the weight of the thermal insulation layer and its possible mechanical destruction [5].

The use of traditional polymeric materials, such as polyethylene, to form a waterproof shell of a heat-insulating mat to date, due to a number of reasons (mechanical strength, insignificant heat resistance, excessive thermoplasticity) no longer fully meets the requirements of fire safety. Therefore, to date, a number of solutions have been proposed to avoid the use of polymer shells in providing moisture insulation for fibrous heat-insulating mats.

So the authors of [8] proposed a heat and moisture protection structure, which is a multilayer laminate that includes a waterproof layer with a thickness of 6–25 µm, an inorganic fibrous layer with a thickness of 7–76 µm, and a film of thermoplastic material with a thickness of more than 25 µm. This multi-layer laminate covers from the heat and humidity effects of fire, internal mat. A diagram of such a heat and moisture protection structure is shown in Fig. 1.

The waterproof layer 1, made of fluoropolymers or polyamides, delays the infiltration of moisture into the inner mat 4, and also maintains the required strength of the multilayer laminate as a whole. It is also possible to metallize the outer surface of the waterproof layer 1 or to cover it with polytetrafluoroethylene.

Inorganic protective layer 2 is a reinforcing mesh made of inorganic fiber, coated with a layer of mica or vermiculite, and is designed to protect the thermoplastic film 3 from the direct impact of an open fire or combustion products.

The inner mat 4 is made of glass, aramide, ceramic, quartz, carbon and other inorganic fibrous materials.

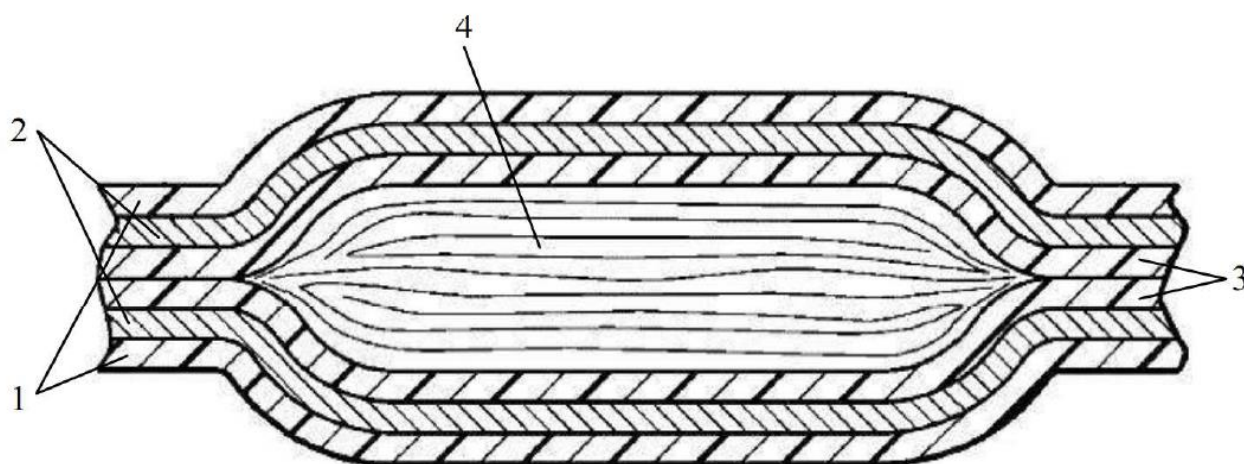


Fig. 1. Scheme of a multilayer heat-and-moisture protective structure: 1 – waterproof layer; 2 – inorganic protective layer; 3 – a film of thermoplastic material; 4 – inner mat made of inorganic fibrous materials

In [9], a multilayer heat and moisture protective structure is described, consisting of a fibrous heat and moisture protective layer and a flexible three-layer component that prevents the further spread of fire. Such a multilayer structure is shown in Fig. 2.

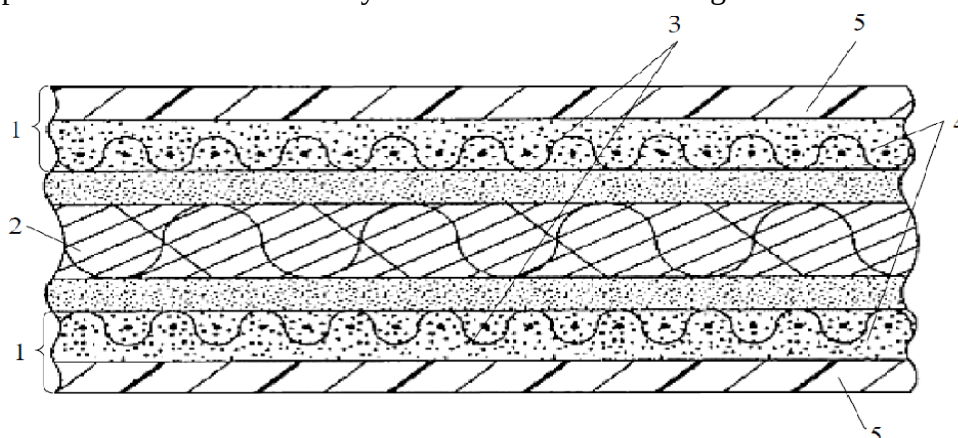


Fig. 2. Flexible three-layer fire-resistant construction: 1– layer of polymeric materials; 2 – inorganic fibrous material; 3 – mesh layer; 4 – non-combustible adhesive component; 5 – outer cladding layer

A flexible three-layer fire-resistant structure has a symmetrical structure of two layers of polymer materials 1, reinforced with a mesh, and a layer of inorganic fibrous material located between them 2. It is assumed that the polymer material constituting layer 1 remains stable up to a temperature of 350 °C and provides the necessary waterproofing of heat-insulating layer 2. Such properties are possessed, for example, by polyamide resins.

Reinforcing mesh 3, which is a braided structure made of nylon, fiberglass or polyester, which provides it with the necessary mechanical strength. The mesh is glued to the polymer material using a non-combustible binder.

Thermal insulation layer 2 consists of high-temperature fibers that resist melting and burning up to temperatures of 550 °C. As such fibers, it is proposed to use glass, aramid, nitride, aluminosilicate, both in the form of non-woven structures and in the form of fabric.

All such multilayer structures from the standpoint of ensuring fire safety have a certain drawback: protection against moisture penetration the heat-insulating layer is provided with an outer polymer layer, which, in turn, is directly exposed to combustion products and can collapse already at the initial stage of a fire upon reaching a temperature of 250–350 °C. This contradiction

can be resolved by using fibrous heat-insulating materials using aerogels to protect structures in a fire, since.

In modern scientific and technical sources, more and more works are published, for example [10–16], in which various aspects of the use of aerogels are analyzed, which make it possible to improve the structure of composite materials.

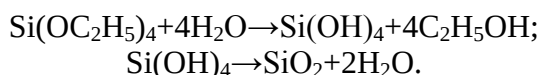
Airgels include materials in which an open structure is formed, the pore sizes in which are in the micro- and even nanoscale, and the actual porosity value can exceed 90%. The highly porous airgel framework is formed by bonds of microparticles of inorganic matter, and the pores are filled with air or other chemically inert gas [10].

The technology for making aerogels involves two main processes:

- sol-process, which consists in the formation of a gel state in a favorable environment formed by a special solvent;
- drying the resulting gel to the state of an airgel under appropriate conditions.

The mechanical stability of the airgel structure depends on the strength of the framework formed during the formation of a cluster containing a nanostructured lattice based on Si-O-Si siloxane bonds. This happens during hydrolysis and subsequent condensation of precursor molecules based on compounds containing silicon [11].

The initial raw material in the sol process is usually alkoxysilane derivatives, for example, tetraethoxysilane, which makes it impossible to mix them with water, therefore, the homogeneity of the resulting mixture is ensured by the use of various alcohols, for example:



An important condition for the formation of a highly porous airgel framework is the maintenance of supercritical conditions during the drying process, during which alcohol solutions are removed from the pores formed during the technological process. The process of removing precursors from the volume of the obtained workpiece should not disturb the formed nanoporous structure of the gel. In [12], the first photographic image of the structure of an airgel based on silicon dioxide, more commonly referred to as a xerogel, is presented.

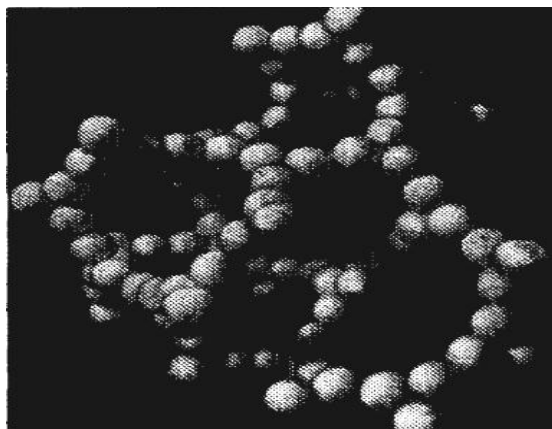


Fig. 3. The structure of a xerogel based on silicon dioxide

The use of alcohol solutions as precursors predetermined the prospects for obtaining fibrous heat-insulating materials with a hydrophobic surface based on aerogels that do not absorb and accumulate moisture, for which the composition of the substance is supplemented with agents that enhance hydrophobizing properties. For example, a precursor based on silicon dioxide may also contain components such as alkylsilane or arylsilane, which are co-precursors and enhance the hydrophobicity of fibrous thermal insulation materials. The process of enhancing the hydrophobic properties of the final product can be organized at any stages of the formation of the airgel structure: by adding a hydrophobizing agent to the precursor composition; by directly

introducing a hydrophobizing agent into a wet gel; by introducing a hydrophobizing agent into the airgel during its drying [13].

To answer the question to what extent the use of airgel in the structure of fibrous heat-insulating materials allows maintaining the fire resistance of the protected structures in the event of water flow on the open surface of the insulation during the fire extinguishing process, a laboratory experiment was carried out.

The measurements were carried out on a special laboratory setup that allows one-sided heating of samples of the tested heat-insulating materials. The diagram of the experimental zone of the laboratory facility is shown in Fig. 4. Silite heaters, which are located above the bottom of the unit, are used as a heat source. The heat flux created by the heaters is oriented upward and directed to the test specimen due to the necessary thermal insulation and the installation of a protective mask with a window, on which the test specimen is applied, the edges of which extend beyond the dimensions of the window. To exclude the influence of non-uniformity of the generated thermal field, the end surfaces of the test specimen are also thermally insulated. A metal plate is applied on the unheated surface of the test specimen of fibrous heat-insulating material, which makes it possible to take into account the effect of the protected structure on the heat transfer process during fire extinguishing. The distance between the silite heaters and the heated surface of the test specimen is set at 50 mm. The measurement and regulation of the temperature of the heated air is carried out by means of thermoelectric primary converters of the TPP PP (R) type, located near the heated surface of the test sample, on a metal plate and directly in the body inside the sample of fibrous heat-insulating material. The readings of the primary converters are documented by means of a multichannel technological recorder of the RMT 39-DM type, connected to a personal computer

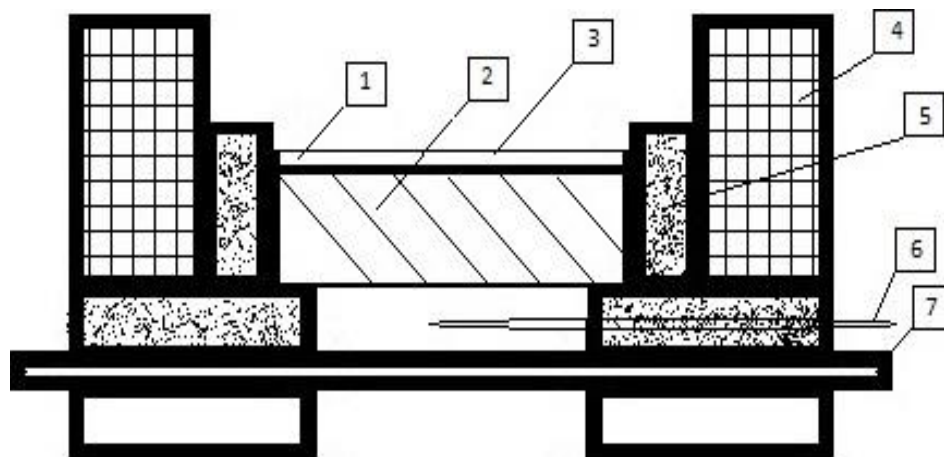


Fig. 4. Diagram of the experimental zone of the laboratory facility: 1 – metal plate; 2 – a sample of the tested material; 3 – thermoelectric converter of unheated surface; 4 – stand thermal insulation; 5 – protective mask; 6 - thermoelectric converter of the heated surface; 7 – silite heaters

For the tests, a fibrous material of flexible thermal insulation Alison Aerogel DRT 0610, made on the basis of SiO_2 aerogels, was selected, the main characteristics of which are presented in the table [14].

Test specimens of a square shape with a side size of 100 ± 10 mm and a thickness of 50 ± 2 mm were cut from a roll of fiber material Alison Aerogel DRT 0610. One of the specimens remained dry during the tests, and the other was «wet»; before heating, it was completely immersed in bath with water and kept fully immersed within 10 minutes. Further tests showed that variations in the duration of immersion of the sample within 10–30 minutes have practically no effect on the test results.

Table. Fiber material properties Alison Aerogel DRT 0610

Density ρ , kg/m ³	Maximum use temperature t , °C	Coefficient of thermal conductivity λ , W/(m·°C)		Water absorption β , кг/м ²	Coefficient vapor permeability, μ	Flammability group
		при температуре				
		10	300			
200	650	0,019	0,039	0,14	0,088	Nonflammable

Test specimens of a square shape with a side size of 100 ± 10 mm and a thickness of 50 ± 2 mm were cut from a roll of fiber material Alison Aerogel DRT 0610. One of the specimens remained dry during the tests, and the other was «wet»; before heating, it was completely immersed in bath with water and kept fully immersed within 10 minutes. Further tests showed that variations in the duration of immersion of the sample within 10–30 minutes have practically no effect on the test results.

During the measurement, the test sample was heated by hot air, which simulates the thermal effect on the enclosing structures of combustion products during a fire, while the temperature increased linearly to 1200 °C and was kept constant until the completion of the measurement during the transition to a stationary mode, when the temperature rise on the unheated surface of the test specimen stops.

Directly with the unheated surface of the test sample of fibrous heat-insulating material was in contact with a brass plate with the dimensions of the side surfaces 110 mm and a thickness of 3 mm, the temperature of which was measured by means of thermoelectric primary converters of the TPP PP (R) type. To ensure the required thermal contact, the converter junction was placed into a pre-drilled recess filled with tritnik melt.

The test results of dry and «wet» samples of the fibrous heat-insulating material Alison Aerogel DRT 0610 made on the basis of aerogels are shown in Fig. 5.

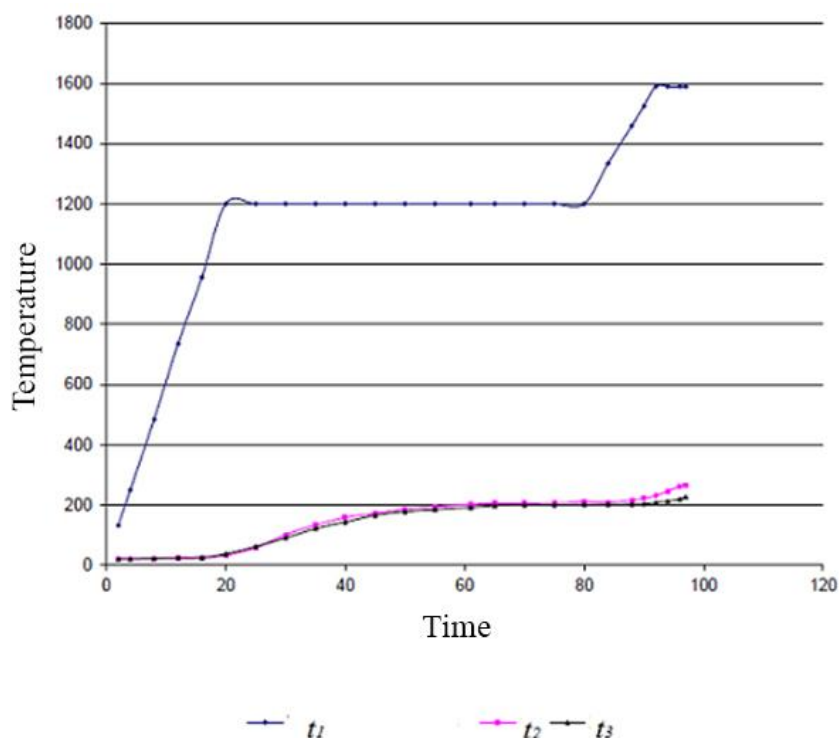


Fig. 5. Test results of dry and «wet» samples of fibrous heat-insulating material: t_1 – temperature of the heating air; t_2 is the temperature on the unheated surface of the «wet» sample; t_3 – temperature on an unheated surface of a dry sample

The heating parameters of the samples are in good agreement with the measurement results presented in [5]. The results obtained during the measurements show that the differences

in temperature fields in a dry and a «wet» sample do not go beyond the instrumental errors. This proves the hydrophobic properties of fibrous thermal insulation materials based on aerogels.

Thus, in the course of studying the possibility of increasing the fire-retardant properties of fibrous heat-insulating materials, it was found that the use of aerogels imparts hydrophobic properties to the materials, and as a result, the fire-retardant properties of fibrous heat-insulating materials do not deteriorate when water gets on them during fire extinguishing.

References

1. Babashov V.G., Lugovoy A.A., Karpov Yu.V. Thermal diffusivity of a flexible gradient heat-insulating material // Online magazine «Science». 2015. Vol. 7. № 1.
2. High-temperature heat-insulating and heat-shielding materials based on fibers of refractory compounds / D.V. Gerashchenko [and others] // Aviation materials and technology. 2012. № 5. P. 380–386.
3. Janssen R. Reaction Formed Alumina-Alumina FRCMC // 7th International Conference on High Temperature Ceramic Matrix Composites (HT-CMC 7). Germany. Bayreuth. 2010. P. 398–414.
4. Istomin A.V., Bepalov A.S., Babashov V.G. Giving increased fire resistance to heat and sound insulation material based on a mixture of inorganic and plant fibers // Aviation materials and technologies. 2018. № 4 (53). P. 74–78.
5. Possibilities of fibrous thermal protection / V.N. Gribkov [and others] // Man – Earth - Space: Proceedings of the I Intern. aerospace conf. Vol. 5: Materials and technology for the production of aerospace systems / Ch. ed. G.E. Lozino-Lozinsky, ed.: R.E. Shalin, V.E. Podkolzin. M.: Military. acad. them. F.E. Dzerzhinsky, 1995, P. 223–231.
6. Buchilin N.V., Lyulyukina G.Yu. Features of sintering of highly porous ceramic materials based on aluminum oxide // Aviation materials and technologies. 2016. № 4 (45). P. 40–46.
7. Ivakhnenko Yu.A., Varrik N.M. Ways to improve the fire resistance of fibrous heat-insulating materials (review) // Proceedings of VNIIAM. 2015. № 12. P. 72–79.
8. Composite laminate for a thermal and acoustic insulation blanket: pat. US 8292027; publ. 23.10.2012.
9. Laminate sheet material for fare barrier applications: pat. 6,670,291 US; publ. 12/30/2003.
10. Babashov V.G., Varrik N.M., Karaseva T.A. The use of aerogels for the creation of heat-insulating materials (review) // Proceedings of VNIIAM. 2019. № 6 (78). P. 32–42.
11. Investigation of the process of obtaining heat-insulating materials based on aerogels / A.V. Shindryaev [et al.] // Advances in chemistry and chemical technology. 2017. T. 31. № 6. P. 130–132.
12. Smirnov B.M. Aerogels // Uspekhi fizicheskikh nauk. 1987. T. 152. 1. P. 133–157.
13. Hydrophobic Aerogel Materials: pat. US 9868843, № 14/873753; filed 10/02/15; publ. 01/16/18.
14. Thermal insulation with aerogels (Russia) // TIM LLC. URL: www.tim-firm.ru (date of access: 04.09.2021).
15. Aerogel composites, process for producing the same and their use: pat. US 5789075. № 793178; filed 08.17.95; publ. 08/04/98.
16. Preparation method of fiber-reinforced $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--SiO}_2$ aerogel material with wave transmission and heat insulation integrated function: pat. CH 106630931, № 20161885973; filed 10.10.16; publ. 05/10/17.

BUILDING STRUCTURES UNDER FIRE

A.Yu. Labinsky.

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

A mathematical model of non-stationary thermal conductivity of semi-bounded bodies is considered, which are used as building structures in the form of walls and floors from light and heavy concrete.

Calculations of the temperature change in the depth of the wall in time, at a fixed temperature on the surface of the wall from the side of the fire.

Keywords: non-stationary thermal conductivity, building structures, mathematical model, computational experiment, Excel tables

Introduction

Building structures must be tested for fire resistance. In the practice of firefighting, the equations of nonstationary thermal conductivity are used to determine the temperature in fire barriers by their thickness and depending on the time from the start of the fire [1–9].

Building structures are usually made of concrete, brick and steel. The physical parameters of the specified elements of building structures, depending on from temperature change in different ways and are given in the table.

Table

Material	Temperature, t, °C	Density, ρ , kg/m ³	Thermal conductivity, λ , W/m/kw	Heat capacity, c, kJ/kg/K	Temperature conductivity, a, m ² /h
Concrete	More 100	2000	$1,4 - 6 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,8 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Aerated concrete	More 100	500	$0,1 + 7 \cdot 10^{-5} \cdot t$	$0,9 + 6,3 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Expanded clay concrete	More 100	1100	$0,3 + 11 \cdot 10^{-5} \cdot t$	$0,84 + 5,8 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Brick	More 100	1600	$0,7 + 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$0,84 + 5,1 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$3,6 \cdot \lambda / (c \cdot \rho)$
Steel	0 to 800	7800–7400	$58 - 0,042 \cdot t$	$0,47 + 2,1 \cdot 10^{-4} \cdot t$	$5,7 - 0,0058 \cdot t$

Computer model of unsteady thermal conductivity

The elements of a simplified computer model based on the dependencies shown in the table, as well as the calculation formulas for unsteady thermal conductivity given below, were developed in an Excel spreadsheet. Using this computer model, the necessary calculations were performed and the graphical dependencies below were constructed.

The dependence of the thermal diffusivity of heavy concrete on temperature is shown in Fig.1:

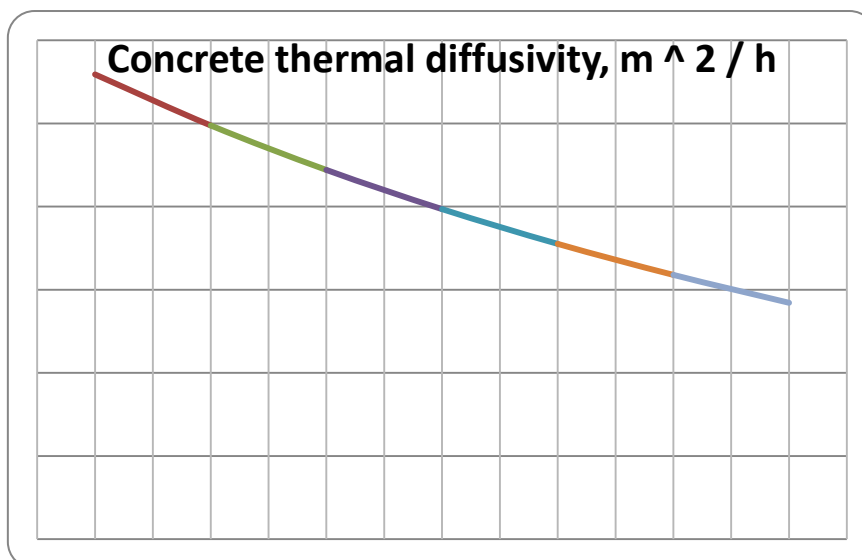


Fig. 1. Dependence of the thermal diffusivity of heavy concrete on temperature

Thermal conductivity and heat capacity of bricks increase with temperature, and the thermal diffusivity changes insignificantly. So, when the temperature changes from 100 °C to 700 °C, the thermal diffusivity of the brick changes from 0,001856 m²/h to 0,001776 m²/h.

The dependence of the thermal diffusivity of the brick on temperature is shown in Fig. 2:

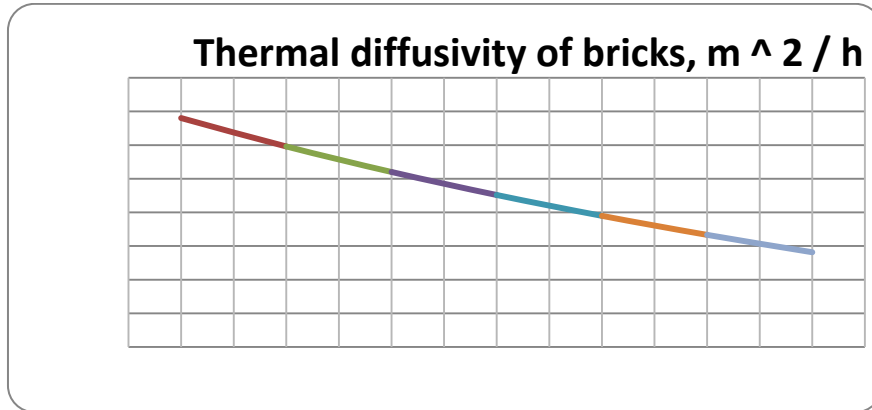


Fig. 2. Dependence of the thermal diffusivity of bricks on temperature

The thermal conductivity of steel decreases with increasing temperature, and the heat capacity increases. The density of the steel changes slightly. As a result, an increase in temperature leads to a significant decrease in the thermal diffusivity of steel.

In accordance with the standard temperature regime, the fire temperature changes over time according to the following relationship:

$$t_{ДЖ} = 345 * \text{Log}(8 * \tau + 1),$$

where τ is the time from the start of the fire, min.

The graph of the dependence of the standard fire temperature on time is shown in Fig. 3.

In the figure, the red curve is the calculation by the formula, the black curve is the trend line. In the practice of firefighting, the maximum ambient temperature inside a room with a fire center is taken to be 1250 °C. This temperature is used to determine the permissible temperature in fire barriers, which are building structures (walls, partitions, ceilings) made of the materials discussed above (concrete, brick).

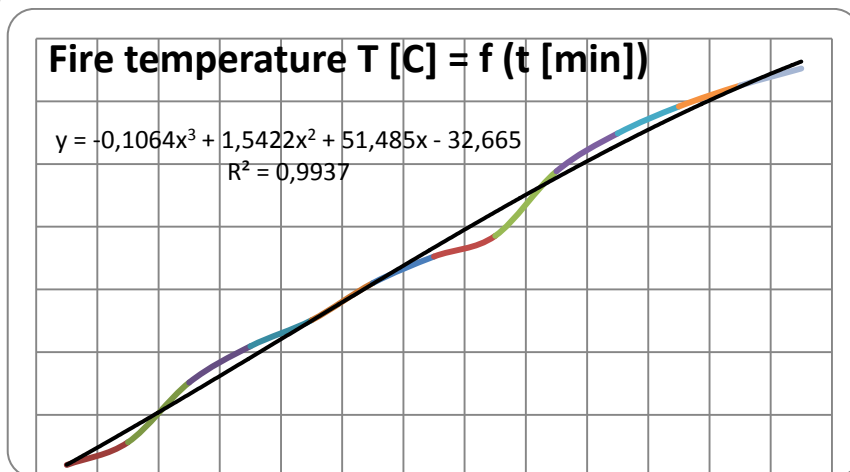


Fig. 3. Dependence of the standard fire temperature on time

Let us formulate the problem statement: It is necessary to make a simulation unsteady thermal conductivity of semi-bounded bodies (bodies of finite thickness) to determine the temperature in fire barriers by their thickness and depending on the time from the start of the fire. The topic of the article is relevant, since the need to determine the temperature in fire barriers by their thickness and depending on time from the start of the fire is beyond doubt.

The object of research is the process of unsteady heat conduction of semi-bounded bodies.

The research method is computational experiments on the developed computer model of the unsteady heat conduction process, implemented in an Excel spreadsheet.

Model of unsteady heat conductivity of semi-bounded bodies

For walls and floors of finite thickness, the calculation formula for unsteady thermal conductivity has the form:

$$t(x, \tau) = t_C - (t_C - t_0) * \text{erf}(0,5 * k * \sqrt{[(a+x)/(a*\tau)]}),$$

where t_C is the temperature in the room during a fire; t_0 is the initial temperature in the room; erf – probability integral (error function); coefficient $k = 0,5 * (1 + \rho * 10^{-4})$; ρ is the density of the material; a – thermal diffusivity of the material; x is the coordinate of the thickness of the material; τ – time.

Integral of probability $\text{erf}(x) = (2/\sqrt{\pi}) \int_0^x e^{-t^2} dt$ can be calculated using the series expansion ($0 \leq x \leq 50$):

$$\begin{aligned} \text{erf}(x) &= (2/\sqrt{\pi}) * (x - x^3/3 + 1/2! * x^5/5 - 1/3! * x^7/7 + \dots) = \\ &= (2/\sqrt{\pi}) * \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n * x^{2n+1} / [n! (2n+1)] \end{aligned}$$

Integral of probability $\text{erf}(x)$ can also be found by numerical integration. In addition, the function $\text{erf}(x)$ can also be calculated using a polynomial approximation with an error not higher $1,5 * 10^{-7}$:

$$\text{erf}(x) = 1 - (a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_5 t^5) * e^{-x^2},$$

where $t = 1/(1 + p * x)$; $p = 0,3275911$; $a_1 = 0,254829592$; $a_2 = -0,284496736$; $a_3 = 1,421413741$; $a_4 = -1,453152027$; $a_5 = 1,061405429$.

Dependency graph $Y = \text{erf}(X)$ imagine at Fig. 4:

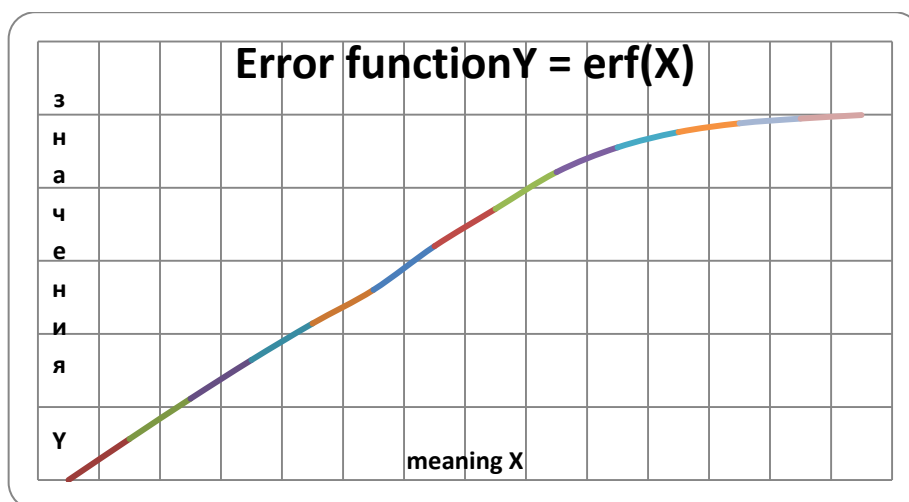


Fig. 4. Dependency graph $\text{erf}(x)$

Calculate the temperature change over time in heavy concrete at a room temperature with a fire equal to $TP = 300$ °C. The calculation is made for a fire barrier (wall, ceiling) at a depth of 0,3 m. The calculation is made according to the formula:

$$t(x, \tau) = t_C - (t_C - t_0) * \text{erf}(0,5 * k * \sqrt{[(a+x)/(a*\tau)]}),$$

where $t_C = 300$ °C; $t_0 = 20$ °C; $k = 0,5 * (1 + 2000 * 10^{-4}) = 0,6$; $a = 0,0022$ m²/h; $x = 0,3$ m.

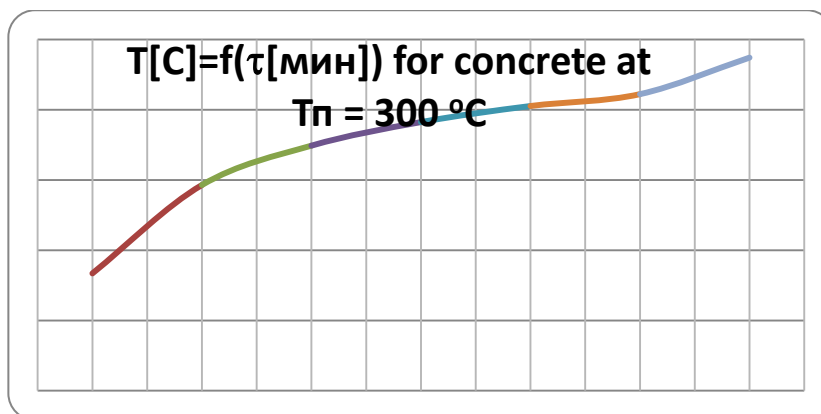


Fig. 5. Dependence $t(\tau)$ for heavy concrete

Dependence $t(\tau)$ for heavy concrete ($\rho = 2000, \text{ kg / m}^3$) $T_n = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ imagine at Fig. 6.

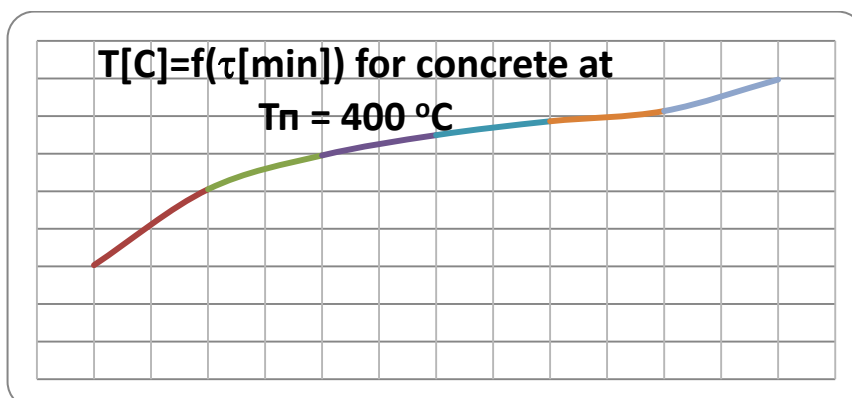


Fig. 6. Dependence $t(\tau)$ for heavy concrete

Dependence $t(\tau)$ for heavy concrete ($\rho = 2000, \text{ kg/m}^3$) $T_n = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ imagine at Fig. 7.

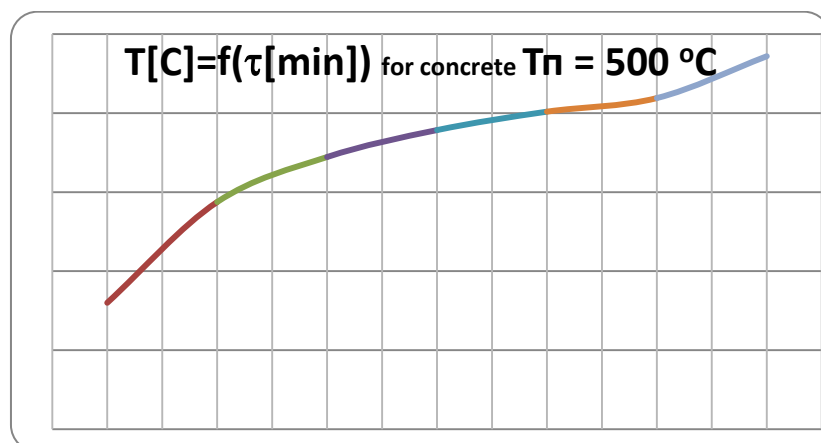


Fig. 7. Dependence $t(\tau)$ for heavy concrete

Let's build a graph of temperature dependence in heavy concrete on two variables: time τ (20 to 65 min) and room temperature T_n (300 °C from 500 °C). To build a 3D graph $Z=f(X,Y)$ you need to calculate a matrix of $10*10$ values, in which the elements of the matrix are reduced to the range $[0,1]$. The plotter builds a projection of a three-dimensional surface in a unit cube: $(Z, X, Y) \in [0,1]*[0,1]*[0,1]$. The matrix of initial data for constructing a three-dimensional graph is shown in Fig. 8.

0,49; 0,50; 0,50; 0,51; 0,51; 0,51; 0,51; 0,52; 0,52; 0,52
0,54; 0,54; 0,55; 0,55; 0,56; 0,56; 0,56; 0,56; 0,56; 0,57
0,58; 0,59; 0,60; 0,60; 0,60; 0,60; 0,61; 0,61; 0,61; 0,61
0,62; 0,63; 0,64; 0,64; 0,65; 0,65; 0,65; 0,66; 0,66; 0,66
0,67; 0,68; 0,68; 0,69; 0,69; 0,69; 0,70; 0,70; 0,70; 0,71
0,71; 0,72; 0,73; 0,73; 0,74; 0,74; 0,74; 0,75; 0,75; 0,75
0,76; 0,76; 0,77; 0,78; 0,78; 0,79; 0,79; 0,79; 0,79; 0,80
0,80; 0,81; 0,82; 0,82; 0,83; 0,83; 0,83; 0,84; 0,84; 0,85
0,84; 0,85; 0,86; 0,87; 0,87; 0,88; 0,88; 0,88; 0,89; 0,89
0,88; 0,89; 0,90; 0,91; 0,92; 0,92; 0,93; 0,93; 0,93; 0,94

Fig. 8. Initial data of three-dimensional graph

Addiction $Z=f(X,Y)$, где Z – temperature in heavy concrete t ; X – room temperature T_{II} ; Y – время τ , imagine at Fig. 9.

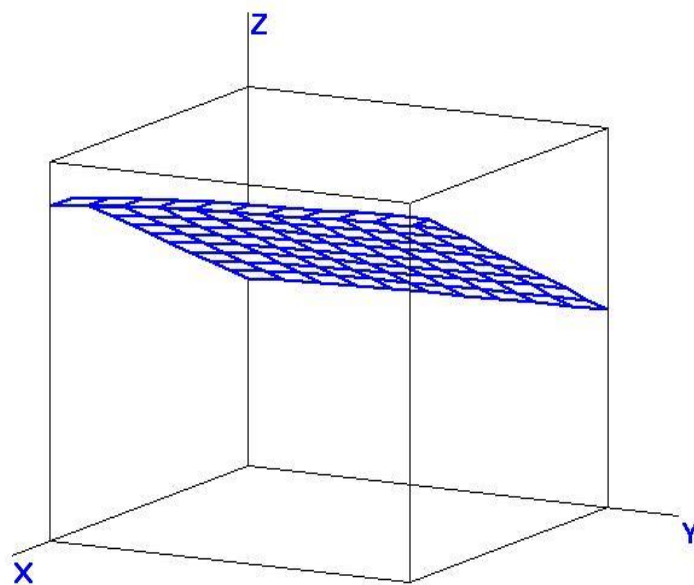


Fig. 9. Addiction $Z=f(X,Y)$, where $(Z, X, Y) \in [0,1]*[0,1]*[0,1]$

We calculate the change in temperature t in time τ in lightweight concrete at a temperature in a room with a fire source equal to $T_{II} = 500$ °C. The calculation is carried out for a fire barrier (wall, ceiling) at a depth 0,3 м.

Addiction $t(\tau)$ for lightweight concrete ($\rho = 500$ [кг/м³]) imagine at Fig. 10:

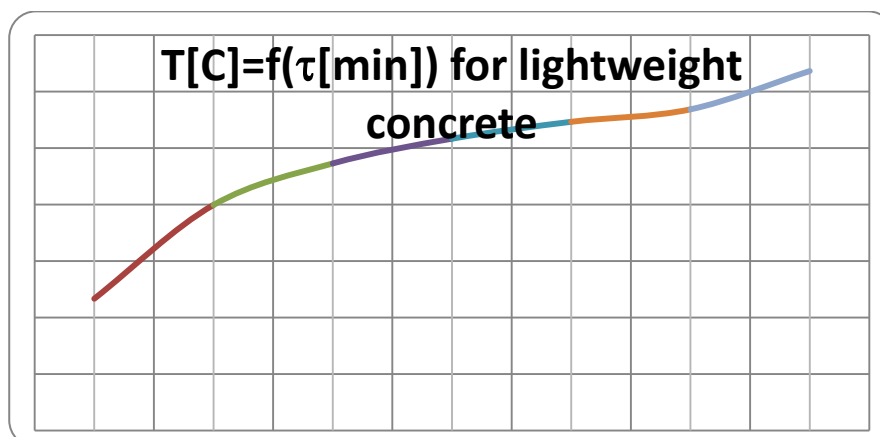


Fig. 10. Addiction $t(\tau)$ for lightweight concrete

The thermal diffusivity of lightweight concrete is significantly less than that of heavy concrete and is 0,0008 m²/h. For heavy concrete, the thermal diffusivity in the temperature ranges from 100 °C to 700 °C varies from 0.0028 to 0,0014 m²/h. Therefore, the range of temperature variation for heavy concrete is significantly larger than for lightweight concrete.

Addition $t(\tau)$ for brick $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$ at a temperature in a room with a fire source equal to $T_{\Pi} = 500 \text{ °C}$, imagine at Fig. 11.

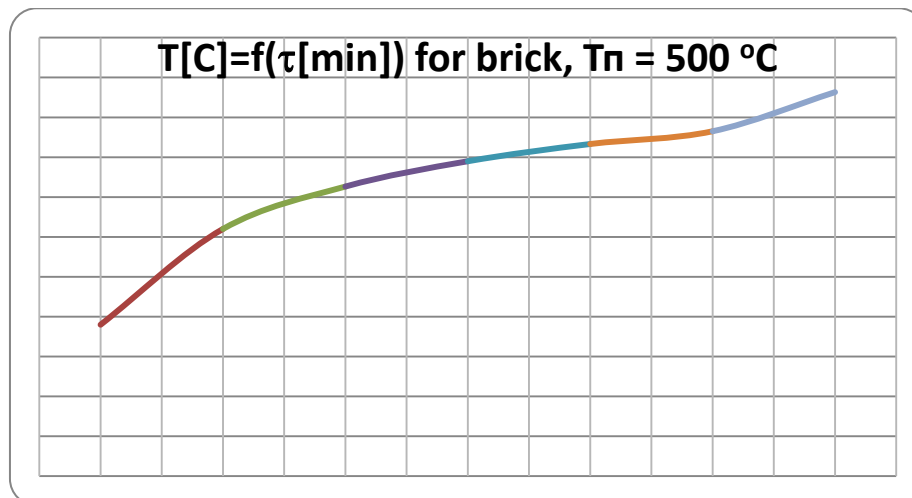


Fig. 11. Addition $t(\tau)$ for brick

Conclusion

A mathematical model of non-stationary thermal conductivity of semi-bounded bodies (bodies of finite thickness) is considered, which are considered building structures in the form of walls and floors, made of heavy and light concrete, as well as bricks. Calculations of the temperature change in the depth of the wall (overlap) over time were carried out at a temperature on the wall surface from the fire side of 300, 400 and 500 °C, which made it possible to graphically represent a qualitative picture of the temperature change depending on the time in the range from 10 to 120 minutes from the start of the fire.

The scientific novelty of the research, reflecting the personal contribution of the author, is in the creation by the author of a computer model of the non-stationary thermal conductivity process, implemented in an Excel spreadsheet.

References

1. Deryugin V.V., Vasiliev V.F., Ulyasheva V.M. Heat and mass transfer. M.: Lan, 2018.
2. Yu.A. Nightmares Heat engineering. M.: ITs «Akademkniga», 2017.
3. Kruglov G.A., Bulgakova R.I., Kruglova E.S. Heat engineering. M.: Lan, 2015.
4. Heat engineering. Practical course / G.A. Kruglov [and others]. M.: Lan, 2017.
5. Loginov V.S., Yukhnov V.E. Workshop on the basics of heating technology. M.: Lan, 2019.
6. Jakob M. Heat Transfer. New York, London, 2016.
7. Christian W. Technische Wärmelehre. Leipzig, 2014.
8. Winter F.W. Technische Wärmelehre. Essen, 2014.
9. Eckert E., Drake R. Heat and Mass Transfer. London, 2015.
10. Burman J., Bobkovsky G. English-Russian scientific and technical dictionary. M.: «Russian language», 2015.

THERMOCAPILLARY CONVECTION IN HYDROCARBONS UNDER THE INFLUENCE OF THERMAL RADIATION OF A FIRE

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

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

It has been established that the condition for the occurrence of convection is a significant excess of the duration of the process of equalizing the temperature in the elementary volume and the average temperature of the rest of the liquid over the duration of the process of its ascent. The boundary conditions for solving a system of differential equations that take into account the balance between thermocapillary and viscous components of natural convection on the liquid surface are determined. To test the model of thermocapillary convection that occurs on the surface of hydrocarbons under the influence of thermal radiation, the data obtained in the course of a full-scale experiment are used. The adequacy of the proposed mathematical model was confirmed by comparing the counting results with experimental materials.

Keywords: hydrocarbons, thermocapillary convection, thermogravitational convection, thermal radiation, Marangoni number

The problem of the radiation effect of a fire on the free surface of oil, oil products and other hydrocarbons largely determines the development of a fire. In [1–5], as well as in subsequent publications by the same authors, it is noted that the course of the ignition of combustible vapors is largely determined by the stability of the development of convective processes in nearby liquid layers. In particular, thermocapillary fluid flows play an important role, due to the non-gravitational nature of this type of convection, which is also called Benard-Marangoni convection [6].

Let us consider the physical phenomenon of instability of a thin layer of liquid heated by a radiation flow from the side of a fire. If the temperatures in the region of the upper T_1 and lower T_2 boundaries of the layers differ insignificantly, then the regime of stationary thermal conductivity is realized, the temperature distribution $T(z)$ in a layer of thickness d is linear and is determined by the value of the vertical z coordinate:

$$T = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot \frac{z}{d}.$$

Let us consider an elementary volume of a liquid located at the interface of the phase state. If in the process of fluctuations such an elementary volume moves down, it will be surrounded by a liquid less heated by external thermal radiation, which will have a higher density. This causes the appearance of a buoyant force, the magnitude of which is proportional to the density difference and causes the movement of the elementary volume of the liquid to the upper interface. In turn, the elementary volume of liquid located near the lower boundary will move upward, then it will be surrounded by more heated, therefore, less dense layers of liquid and will move downward. Since the speed of movement of elementary volumes depends on the viscosity of the liquid, the intensity of heat transfer is largely determined by the physical properties of the liquid, hence the convection process manifests itself when the effect of the buoyancy force prevails over the forces of internal friction and the effect of thermal diffusivity. Then the buoyant force F_a acting on the elementary volume of the liquid is estimated using equation (1), and the force of viscous friction of the elementary volume with the surrounding liquid F_s – equation (2):

$$F_a = \beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^2 \cdot g, \quad (1)$$

where β – volumetric expansion coefficient of liquid; T' – temperature difference between the elementary volume and the surrounding liquid; g – acceleration of gravity, L – characteristic linear dimension.

$$F_s = \rho \cdot \nu \cdot L \cdot V, \quad (2)$$

where ν – fluid kinematic viscosity coefficient; V – speed of movement of elementary volume.

If we equate the value of the buoyant force F_a and the force of viscous friction F_s , we can determine the value of the velocity V , and from it, calculate the duration of movement of the elementary volume of displacement τ :

$$\tau = \frac{d}{V} = \frac{\nu \cdot d}{\beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^2 \cdot g}.$$

It was established in [7] that the condition for the occurrence of convection is a significant excess of the duration of the temperature equalization process in the elementary volume τ_T and the average temperature of the rest of the liquid over the duration of the process of its ascent τ , while the value of τ_T is related to the value of the thermal diffusivity of the liquid a :

$$\tau_T = \frac{L^2}{a}.$$

Since $\tau_T \gg \tau$, it can be argued that:

$$\frac{L^2}{a} \gg \frac{\nu \cdot d}{\beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^2 \cdot g}, \quad \text{then} \quad \frac{\nu \cdot d \cdot a}{\beta \cdot T' \cdot \rho \cdot L^4 \cdot g} \ll 1.$$

Let's take the value of the temperature difference $T' = T_1 - T_2$, and as the characteristic linear size L , the thickness of the heated layer d , then the process of thermogravitational convection in a liquid heated by a radiation flow can be characterized by the Rayleigh number Ra :

$$Ra = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_1 - T_2) \cdot d^3}{\nu \cdot a}. \quad (3)$$

By analogy, one can describe the component of the convective flow caused by the effect of surface tension. For most hydrocarbons, the surface tension coefficient σ decreases almost linearly with increasing temperature: [4]

$$\sigma = \sigma_o(T_o) - \alpha \cdot (T - T_o),$$

where α is the heat transfer coefficient between the outer surface of the liquid hydrocarbon fraction and the environment.

If a fluctuation spot with an increased temperature relative to the rest of the liquid and reduced surface tension forces appears on the surface of a liquid hydrocarbon fraction as a result of exposure to thermal radiation, then a manifestation of the capillary effect will be spreading over the outer surface of this spot. The dimensionless characteristic of the thermocapillary convection process is the Marangoni number [6]:

$$Ma = \frac{\alpha \cdot (T_1 - T_2) \cdot d}{\rho \cdot a \cdot \nu}. \quad (4)$$

Dividing expressions (3) and (4), we obtain a characteristic of the degree of dominance of the forces of buoyancy and surface tension as a function of heating the layer in convection:

$$\frac{Ma}{Ra} = \frac{1}{\rho \cdot \beta \cdot d \cdot g}. \quad (5)$$

In the Oberbeck-Boussinesq approximation, the system of differential equations (6), which makes it possible to describe the process of thermocapillary convection arising under the influence of thermal radiation from a fire, takes the form:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v}{\partial \tau} + \frac{1}{Pr} \cdot (v \nabla) v = -\nabla P + \Delta v \\ Pr \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} + v \cdot \nabla T = \Delta T + \left(1 - e^{-\frac{N}{1-z}} \right) \\ \text{div}(v) = 0 \end{array} \right\}, \quad (6)$$

wher $N = \alpha_r \cdot h$ – optical thickness of the space between the fire flame and the hydrocarbon surface; α_r – liquid surface absorption coefficient; $Pr = \nu/a$ – Prandtl number [8].

We assume a linear dependence of the value of the surface tension coefficient of hydrocarbon compounds on temperature and the absence of external deformations of the free surface during the fire extinguishing process. Then the boundary conditions for solving the system of differential equations (6), taking into account the balance between thermocapillary and viscous components of natural convection on the liquid surface, take the form:

$$\frac{\partial T}{\partial z} = -Bi \cdot T; \quad \frac{\partial v_x}{\partial z} = -Ma \cdot \frac{\partial T}{\partial x}; \quad \frac{\partial v_y}{\partial z} = -Ma \cdot \frac{\partial T}{\partial y}; \quad v_z = 0,$$

where $Bi = \alpha \cdot h / \lambda$ – Bio number [9].

In the absence of external mechanical action on the free surface of the liquid, a stationary solution of the system of differential equations can be obtained (6):

$$v_o = 0; \quad T = \frac{1}{N^2} \cdot e^{\frac{N}{z-1}} - \frac{z^2}{2} + C_1 \cdot z + C_2. \quad (7)$$

To determine the values of the integration constants C_1 and C_2 (equations 8 and 9) in relation to the isothermal surface of a fluctuating spot on the surface of hydrocarbons, we use the boundary conditions formulated above:

$$C_1 = \frac{N-1}{N \cdot (1+Bi)} - \frac{Bi}{1+Bi} \cdot \left[\frac{2 \cdot (1 - e^{-N} - N^2)}{2 \cdot N^2} \right]; \quad (8)$$

$$C_2 = -\frac{e^{-N}}{N^2}. \quad (9)$$

The data obtained by in the course of a full-scale experiment carried out in a convection chamber shown in Fig.1.

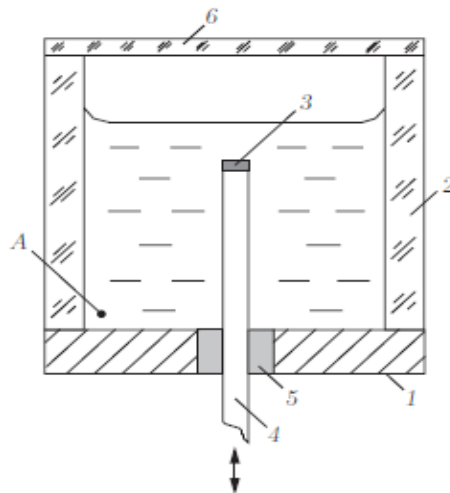


Fig. 1. Schematic of the experimental convection chamber

On the base of the chamber 1, which is a textolite plate with dimensions of 180*180 mm and a thickness of 8 mm, a fence of the convective cavity 2, made of glass, 4 mm thick, is glued. A hole is drilled in the center of the base, in which a protective ceramic cover 4 of the measuring copper-constantan thermocouple 3 is fixed through the fluoroplastic gland 5 – 0,1 mm. On top of the convection chamber, there is a cover 6 made of a sheet of quartz glass with a thickness of 2 mm. Space A of the convection chamber during the experiment was partially filled with n-decane $C_{10}H_{22}$. The choice of n-decane for carrying out a full-scale experiment was due to the combination of a relatively low value of the surface tension coefficient $\sigma_0=23,9$ mH/m for a comfortable temperature $t_0=20$ °C and a sufficiently high value of the temperature coefficient of surface tension $\Delta\sigma=0,092$ mH/(m·°C), which makes it possible for thermocapillary movements to reach a sufficiently high intensity.

To simulate the radiation effect of a fire, a source of thermal radiation was used [10], the diagram of which is shown in Fig. 2.

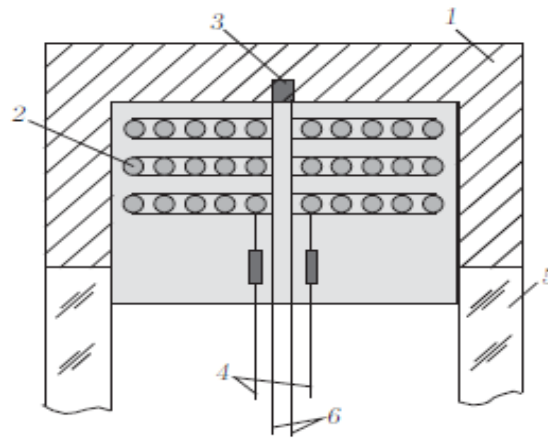


Fig. 2. Schematic of the source of thermal radiation

The removable part of the heat-emitting head 1 is made of stainless steel, fixed on a ceramic base 5 and warmed up by a tungsten spiral when connected to conductors 4 from an external current source. The emitter temperature is measured with a thermocouple 3.

The dimensionless coefficient K , proposed in [11, 12] as a measure of instability:

$$K = 1 - \frac{T_n}{T_u},$$

where T_u – absolute outside surface temperature; T_n – absolute temperature of the investigated layer.

The experimental results are shown in Fig. 3.

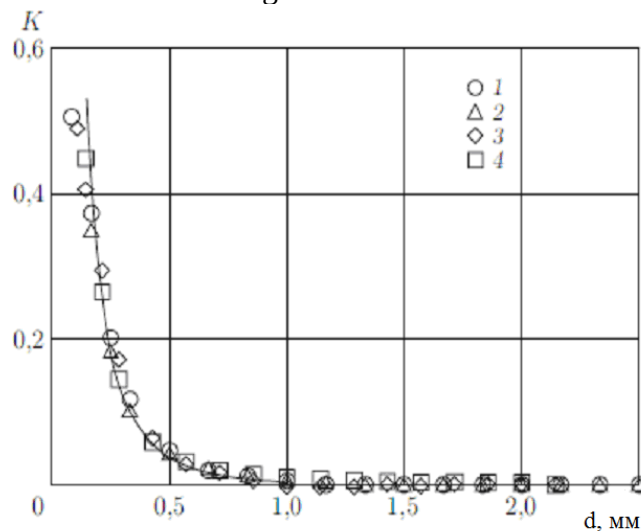


Fig. 3. Dependence of the parameter K on the thickness of the heated layer d :
1 – for $T=973$ K; 2 – for $T=873$ K; 3 – for $T=773$ K; 4 – for $h=673$ K

The experimental results confirmed the sufficient adequacy of the proposed mathematical model in describing the process of thermocapillary convection in the boundary layer under radiation exposure to the open surface of hydrocarbons.

References

1. Shebeko A.Yu. Influence of fluorinated hydrocarbons on fire hazard indicators of stoichiometric mixtures of combustible gas-oxidizer // International technical and economic journal. 2018. №. 5. P. 95–101.
2. Vetkin A.V., Suris A.L. Investigation of the heat engineering characteristics of the combustion process of gaseous fuels // Teploenergetika. 2015. № 3. P. 62–66.
3. Low-temperature flameless combustion of a large drop of n-dodecane under microgravity conditions. Frolov [et al.] // Chemical Physics. 2018.Vol. 37. № 4. P. 38–50.
4. Suris A.L. Handbook of Thermodynamic High Temperature Process Data. N.-Y.; L.; Washington: Hemisphere Publishing Corporation, 1987.
5. Thermophysical patterns of fire hazard development at industrial enterprises and oil and gas facilities / D.Yu. Minkin [et al.]: Monograph. SPb .: St. Petersburg. un-t State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2018. 464 p.
6. Lam T.T., Bayazitoglu Y. Effect of internal heat generation and variable viscosity on Marangoni convection // Numerical Heat Transfer. 2017. Vol. 11. P. 165–182.
7. Garifulin F.A. The onset of convection in horizontal layers of liquid. URL: http://pereplet.ru/naukaSoros/pdf/0008_108.pdf (date of access: 22.10.2021).
8. Ribbota R., Joets A. Defects and interaction with the structure in the end convection in nematic liquid crystals. Lecture notes in physics, V. 210. Cellular structures in instabilities. Ed. by Wesfreid J.E. and Zaleski S. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. New-York. Tokio, 1984. 390 p.
9. Ryabitskii E.A. Thermocapillary instability of liquid layer with internal heat generation // Microgravity Science Technology. 1994. Vol. VII. № 1. P. 20–23.
10. Kuzmin A.A., Romanov N.N., Nekrasov A.S. Experimental study of processes of radiant, convective and conductive heat transfer // Scientific-analyt. zhur. «Bulletin of St.-Petersburg. university of State fire service EMERCOM of Russia». 2018. № 2. P. 61–70.
11. Bakhtizin R.N., Bakiev A.V., Khaziev N.N. Investigation of the heat transfer process under free convection in inhomogeneous media // Vestnik Acad. Sciences RB. 2014. V. 19. № 4. P. 44–49.
12. Sazhin B.S., Chunaev M.V., Sazhin V.B. Thermocapillary mechanism of liquid layer instability (Marangoni effect) // Advances in chemistry and chemical technology. T. XXIII. 2009. № 3 (96). P. 103–107.



DIALOGUES WITH SPECIALISTS

ANALYSIS OF STATISTICAL DATA ON ACCIDENTS RELATED TO AIRCRAFT IGNITION FROM SPILLED FUEL AS A RESULT OF AN EMERGENCY LANDING ACCORDING TO THE DATA OF THE INTERSTATE AVIATION COMMITTEE FOR 2004-2020

A.A. Vorontsova; S.V. Skodtaev; E.Yu. Cherkasov; S.G. Ivakhnyuk.
Saint Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia

The data of the statistical analysis of aircraft accidents associated with an aircraft fire from fuel spilled as a result of an emergency landing are presented. This type of accidents leads to the death of passengers as a result of exposure to hazardous fire factors. Considered are the consequences of accidents for 2004–2020, associated with the ignition of passenger aircraft from spilled fuel, according to the statistics of the Interstate Aviation Committee.

Keywords: aircraft accidents, fire safety, emergency landing

Since ancient times, the integrity of the state and its economic development have been determined by the transport infrastructure. In the Roman Empire, one of the main occupations of the legions was the construction of roads. Was designed by the Russian Empire and the longest railway in the world, the Trans-Siberian Railway, the «iron belt of Russia», was built. In addition, there is a theory that Russia arose on the «path from the Varangians to the Greeks».

In modern conditions, the transport infrastructure of the state determines the quality of the functioning of all sectors of the economy. Due to the vastness of the territory civil aviation occupies a significant place in the unified transport structure of Russia. Civil aviation activities can be divided into three main areas: commercial air transport, general aviation and aeronautical work.

The main advantage of air transport is the speed of overcoming long distances. With the development of science and technology, the reliability and safety of air transportation increases, the operational characteristics of airliners (range, flight speed, carrying capacity, passenger capacity, etc.) increase. To ensure safety, the procedures for aircraft maintenance, passenger and baggage screening, etc. are being improved. Despite the efforts made, every year all over the world there are aviation accidents that lead to human casualties and significant material damage. The maximum number of fatalities and injuries is recorded in accidents of passenger aircraft, therefore, there are real risks associated with the operation of airliners, even taking into account the lower mortality rates compared to other modes of transport (rail, road, water).

According to statistics presented on the official website of the Federal Air Transport Agency [1], the passenger traffic of Russian airlines (international and domestic flights) in 2019 amounted to 123 748 720 people. In 2020, despite on the restrictive measures introduced in connection with the spread of coronavirus infection, the passenger traffic of Russian airlines amounted to 68 917 705 people. Obviously, this figure will only increase annually, therefore, from the reliability and the safety of airliners depend on the lives of vast numbers of people around the world, and are therefore given the highest priority in an effort to keep accidents to a minimum. Unfortunately, most of the innovations aimed at improving the safety of air transport are the result of a thorough investigation of the causes of the crashes that have occurred. On the territory of the Russian Federation, the powers and responsibility in the field of investigation of aviation accidents (AC) with civil aircraft are vested in to the Interstate Aviation Committee (IAC) [2].

The IAC investigates all aircraft accidents with aircraft of the States parties to the Agreement on Civil Aviation and the Use of Airspace [3] (Agreement) both on their territory and beyond, as well as within the framework of separate agreements concluded with other States.

The states parties to the Agreement as of 2021 are the Republic of Azerbaijan, the Republic of Armenia, the Republic of Belarus, the Republic of Kazakhstan, the Kyrgyz Republic, the Republic of Moldova, the Russian Federation, the Republic of Tajikistan, Turkmenistan, the Republic of Uzbekistan, Ukraine. In the course of the investigations carried out, all the shortcomings that lead to accidents are identified and thoroughly analyzed, and recommendations for improving flight safety are formulated in the IAC report. These recommendations are mandatory for such government agencies as the Ministry of Transport of Russia, Federal Air Transport Agency, Rostransnadzor, certification organizations, airport services, etc.

According to the statistics of the IAC [4], from 2004 to 2020, 759 aviation accidents occurred on the territory of the state's parties to the Agreement, about 50 % (375) of which ended in disasters. As a result of the aircraft accidents, 2 197 people died (Table 1), an even more significant number suffered damage to their health, some of them remained disabled.

Table 1. **The number of accidents disasters and fatalities for the period 2004–2020**

Year	Aviation accidents (including disasters)	Aviation accidents	Losses
2004	37	15	109
2005	25	13	101
2006	33	17	465
2007	45	18	92
2008	40	21	231
2009	39	20	86
2010	43	20	66
2011	50	28	187
2012	53	31	127
2013	46	19	126
2014	48	26	80
2015	56	27	116
2016	63	28	74
2017	58	32	74
2018	58	25	164
2019	41	25	97
2020	46	23	51
Bcero	759	375	2197

Analysis of statistical data on aviation accidents showed that about 80 % of passenger aircraft accidents occur during takeoff or landing. The most common causes of death in an accident are: the impact of the energy of impact on the ground of the aircraft and the achievement of critical values of hazardous fire factors as a result of the combustion that occurs during an emergency landing.

Unfortunately, the full-text reports on the study of the AP IAC are published in general access only since 2004. From the analysis of statistics [4] it follows that for the period from 2004.

Until 2020, the IAC staff investigated 375 aircraft accidents. In about 40 % of cases, a fire broke out on board aircraft (Table 2), as a result of which the impact of hazardous fire factors prevented the rescue of people and was the cause of their death.

Unfortunately, in the reports of the IAC there is no detailed information about the victims indicating the reason for the death of passengers. For example, those who died from exposure to hazardous fire factors or from injuries incompatible with life, received during an emergency landing, as a result of which a fire occurred, etc.

Based on the results of the study of the circumstances of air crashes, it can be concluded that the greatest danger is a fire that occurred when the fuel tanks of the aircraft were destroyed and the jet outflow of aviation fuel. Combustion in power plants, passenger, luggage, technical compartments, chassis, etc. less dangerous, since these fires have a lower combustion temperature and flame propagation speed, respectively, passengers have more time to evacuate.

Table 2. Number of fires out of the total number of plane crashes

Year	Aircraft accidents	Number of fires	Percent from disasters, %
2004	15	5	33,3
2005	13	5	38,6
2006	17	7	41,18
2007	18	7	38,8
2008	21	9	42,8
2009	20	8	45
2010	20	8	40
2011	28	11	39,2
2012	31	12	38,7
2013	19	8	42,1
2014	26	10	38,5
2015	27	11	40,7
2016	28	11	39,3
2017	32	13	40,6
2018	25	10	40
2019	18	8	44,4
2020	17	6	35,3
Всего	375	149	39,73

As an example, consider the fire that occurred on May 5, 2019 at the Sheremetyevo international airport (Fig. 1), when during a «hard» landing of the RRJ-95B aircraft, the landing gear pierced the fuel tanks and several tons of aviation fuel spilled onto the ground. As a result of the fire, 41 passengers died. All dead passengers died from exposure to hazardous factors of the fire.

In this aspect, we can also mention the fire that occurred during the emergency landing of an A310 aircraft at the Irkutsk airport on July 9, 2006 (Fig. 2), as a result of which 125 passengers died, 120 of them from the effects of dangerous fire factors, one passenger from cranial – brain injury, one passenger – from injuries and burns, 3 cabin crew – from carbon monoxide poisoning [4].

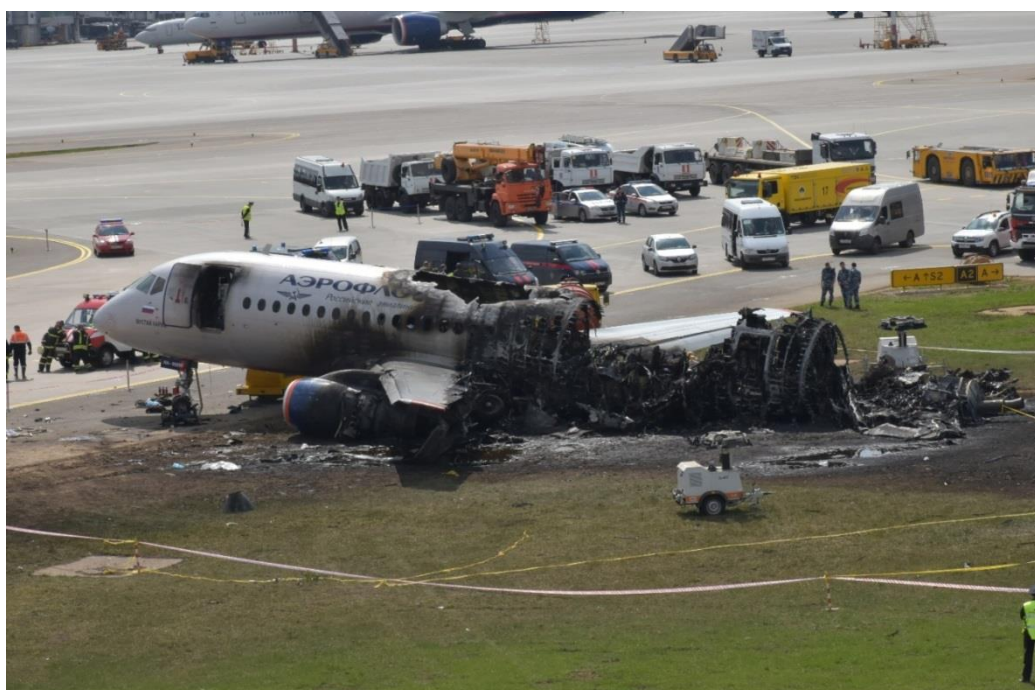


Fig. 1. View of the aircraft RRJ-95B RA-89098 after the accident [4]



Fig. 2. View of the aircraft A310 F-OGYP after the accident [4]

These plane crashes unite not only great human losses, but also similar circumstances that caused and aggravated the development of the fire - the burning of the aviation fuel spilled as a result of a «hard» landing and the engines not turned off after stopping the aircraft, pumping air into the combustion zone.

To determine the frequency of manifestation of these factors, the statistical data of the IAC for 2004–2020 were processed. and the events resulting from aircraft accidents involving the spill and subsequent ignition of aviation fuel on the runway are selected. The resulting data on human casualties are presented in table. 3.

Table 3. The number of passengers killed as a result of fires related to with depressurization of fuel tanks during emergency landing (Passenger aircraft with more than 10 passengers on board)

№	Aircraft number and date of incident	The death toll	Number of passengers	Losses, %
1	Ан-24 RA-46489, 16 march 2005	28	52	54
2	Ту-154, 1 september 2006	28	148	19
3	A310 F-OGYP, 9 july 2006	125	203	62
4	Боинг-737 EX-009 24 august 2008	64	90	71
5	АП, Ту-154Б RA-85588, 1 january 2011	3	134	2
6	Ту-134 RA-65691, 20 june 2011	47	52	90
7	ATR-72 VP-BYZ, 2 april 2012	33	43	77
8	Boeing 737-800 VQ-BJI, 1 september 2018	0	172	0
9	Ан-24PB RA-47366, 27 june 2019	2	47	3
10	RRJ-95B RA-89098, 5 may 2019	41	78	53

Analyzing the data presented, it can be concluded that out of ten accidents that occurred, more than 53 % of passengers died in eight cases. And only in the accident with the Boeing 737–800, which occurred on September 1, 2018 at the Sochi airport, it was possible to save the lives of all passengers as a result of favorable weather conditions (it was pouring rain during landing), as well as the coordinated actions of the crew and ground services.

The results of a comparative statistical analysis of the number of fatalities in all aviation accidents (Table 1), with the number of fatalities caused by the ignition of passenger airliners from spilled fuel (Table 3), are presented in Table. 4. Unfortunately, in the above statistics, behind the dry figures of the statistical analysis are human lives that could have been saved in the case of a better fire safety system.

When an aircraft falls from a height, passengers have practically no chance to save their lives. However, in the event of a fire on the runway (ground), the chances of survival of passengers and crew members directly depend on the reliability of the fire safety system, which includes: actions of crew members, space-planning decisions made on board the aircraft, availability, type and the availability of extinguishing media, the availability of fire protection systems, etc.

Table 4. Results of a comparative analysis of human casualties in the years associated with with ignition of spilled fuel as a result of emergency landing

Year	Number of passengers killed as a result of fires associated with ignition of spilled fuel, people.	The total number of passengers killed in aircraft accidents per year, people.	Percentage, %
2005	28	101	28
2006	153	465	33
2008	64	231	28
2011	50	187	27
2012	33	127	26
2019	43	97	44

It is also necessary to improve, in terms of fire safety, the materials used for finishing the cabin of passenger airliners in order to reduce the toxicity of combustion products and the speed of flame propagation. The above measures will help increase the chances of passengers being rescued.

References

1. Statistical data on passenger transportation URL: [https://favt.gov.ru/deyatelnost-vozdushnye -perevozki-perevozki-passazhirov/](https://favt.gov.ru/deyatelnost-vozdushnye-perevozki-perevozki-passazhirov/) (date of access: 06.03.2021).
2. Rules for the investigation of aviation accidents and incidents with civil aircraft in the Russian Federation: Resolution of the Government of the Russian Federation of June 18, 1998 № 609. Access from the information and legal portal «Garant».
3. Agreement on Civil Aviation and the Use of Airspace of 21 December. 1991 Access from the information and legal portal «Garant».
4. Base for investigation of aviation accidents. URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/> (date accessed: 03.03.2021).



Information about Authors

Baigishiev Shamil Baigishievich – Master's student of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149);

Vorontsova Anna Anatolyevna – Leading Researcher of Department of fire Safety of Transport. in-that perspective. issled. and innov. technol. in the region. safe live up to life. St.-Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Oktyabrskaya nab., 35), candidate of physical and mathematical sciences;

Zyuzina Nadezhda Vladimirovna – Master's student of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149);

Ivakhnyuk Sergey Grigorievich –Deputy Head of the Research institute for advanced research and innovation technologies in the field of Life Safety of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149), candidate of technical sciences;

Kuzmin Anatoly Alekseevich – Associate Professor of the Department of physical and technical Foundations of fire Safety of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149), associate professor candidate of pedagogical sciences;

Kuzmina Tatyana Anatolyevna – Associate Professor of the Department of fire inspection activities of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149), e-mail: kuzmina@igps.ru, candidate of pedagogical sciences;

Labinsky Alexander Yurievich – Associate Professor of the Department of applied mathematics and information technologies of St.-Petersburg State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149), e-mail: labinskyi.a@igps.ru, candidate of technical sciences, associate professor;

Permyakov Alexey Alexandrovich – Deputy Head of the Department of physical and technical Foundations of fire safety of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149), candidate of pedagogical sciences;

Romanov Nikolay Nikolaevich – Associate Professor of the Department of physical and technical foundations of fire Safety of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149), candidate of technical sciences, associate professor;

Salnikov Andrey Vladimirovich – Master's student of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149);

Safina Leysan Salavatovna – Master's student of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149);

Skodtaev Soslan Vladislavovich – Senior Researcher of the Department of fire expertise and organization of training of experts of the Scientific Research institute of Life Safety of St.-Petersburg State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Oktyabrskaya nab., 35);

Cherkasov Evgeny Yurievich – Senior Researcher of the Department of fire Safety of Transport. in-that perspective. issled. and innov. technol. in the region. safe live up to life. St.-Petersburg university of the State fire service EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Oktyabrskaya nab., 35), candidate of technical sciences;

Elgukaev Shamil Alikhanovich – Master's student of St.-Petersburg State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, St.-Petersburg, Moskovsky pr., 149).



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, Docent General-the Lieutenant 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, 3 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

№ 4 – 2021

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 25.12.2021. Формат 60×84_{1/8}. Усл.-печ. п.л. 12,5. Тираж 1000 экз.
Passed for printing 25.12.2021. Format 60×84_{1/8}. Tentative printed sheets 12,5. 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