

На правах рукописи



Лазарев Александр Александрович

**НАРУЖНЫЕ СТЕНОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ
ДИАГНОСТИКИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

05.23.05 – Строительные материалы и изделия
05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность
(строительство)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново 2021

Работа выполнена на кафедре естественных наук и техносферной безопасности
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии
правительства РФ в области науки и техники,
академик РААСН, доктор технических наук,
профессор
Федосов Сергей Викторович

Официальные оппоненты: **Селяев Владимир Павлович**
Заслуженный деятель науки РФ и Республики
Мордовии, академик РААСН, доктор технических
наук, профессор, заведующий кафедрой
«Строительные конструкции» ФГБОУ ВО
«Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет имени Н.П. Огарёва»

Костерин Игорь Владимирович
кандидат технических наук, доцент,
главный специалист отдела экспертизы пожарной
безопасности и ГОЧС Управления промышленной,
ядерной, радиационной, пожарной безопасности и
ГОЧС ФАУ «Главгосэкспертиза России»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Уральский институт Государственной
противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам
гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий
стихийных бедствий», г. Екатеринбург

Защита состоится 11 февраля 2022 г. в 9 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.355.01 при ФГБОУ ВО «Ивановский
государственный политехнический университет» по адресу: 153037, г. Иваново,
Шереметевский пр-т, 21, ауд. У-109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Ивановского
государственного политехнического университета www.ivgpi.com.

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Н.В. Заянчуковская

Научный консультант: кандидат технических наук, доцент
Торопова Мария Владиевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. Исторический процесс развития строительства неразрывно связан с необходимостью защиты жилья от пожаров. Совершенствование противопожарных свойств строительных материалов способствует повышению уровня защищенности малоэтажных зданий от пожара. Приоритетными задачами являются предотвращение пожара и его диагностирование на ранней стадии развития.

Эти вопросы остаются актуальными и в условиях нарастания субурбанизационных тенденций, характеризующихся развитием малоэтажного строительства. Статистика пожаров показывает, что подобные чрезвычайные ситуации возникают чаще в малоэтажных жилых домах, чаще приводят к гибели и травмированию людей. Для обеспечения комфортности проживания людей успешно применяются строительные материалы и изделий, в том числе деревянные, кирпичные, бетонные.

В процессе роста количества населения и его концентрации сокращается расстояние между малоэтажными зданиями, а также хозяйственными постройками. Высокая плотность застройки повышает риск перехода огня при пожаре с одного объекта на другой. Отсутствие технических средств обнаружения пожара и оповещения о нем способствуют несвоевременному реагированию на возникший пожар, включая поздний вызов пожарно-спасательного подразделения. Это обстоятельство указывает на необходимость разработки строительных изделий для диагностики данных пожаров в малоэтажных зданиях.

Проблематике обеспечения пожарной безопасности (далее – ПБ) на селитебной территории уделено значительное внимание в работах российских исследователей. Теоретические основы моделирования интенсивного теплового воздействия на изделие заключены в теории теплопереноса, которая учитывает взаимосвязанность характеристик изделия и высокотемпературного источника. Значительные достижения в данной области принадлежат А.В. Лыкову, Ю.А. Михайлову, С.В. Федосову, Ю.А. Кошмарову, В.И. Голованову, В.И. Присадкову и другим. Аспекты управления ПБ в жилом секторе были отражены в работах А.А. Комарова, Ю.А. Андреева, Д.В. Костюченко, В.А. Сулименко, К.Т. Нго, А.А. Казакова, И.В. Костерина. Результаты зарубежных исследователей, таких как Дж.А. Перкисс, Х.П. Морган, Дж.П. Гарднер, помогают обосновать способы защиты людей и имущества в малоэтажных зданиях от воздействия опасных факторов пожара.

Технические средства для обнаружения пожара, как правило, располагаются внутри зданий. Они не предназначены для обнаружения пожаров в соседних зданиях. Одной из проблем по-прежнему остается отсутствие сведений о влиянии расстояния между малоэтажными зданиями, места установки, мощности инфракрасного излучения, размера термочувствительного элемента на время срабатывания наружных стеновых изделий для дистанционной диагностики пожарной безопасности этих зданий в условиях интенсивного теплового воздействия. Решение данной проблемы заключается в разработке строительного изделия, конструкция которого предполагает совмещенный с пожарным извещателем бетонный блок (далее – СПИ ББ). Также необходимо последующее исследование высокотемпературного воздействия на него при пожаре.

Степень разработанности темы. Представленная работа является продолжением научного направления, связанного с теоретическими и

экспериментальными исследованиями процессов теплопереноса, а также защиты изделий из бетона от воздействия влаги, развиваемого в ИВГПУ под общим руководством академика РААСН С.В. Федосова. К настоящему времени в рамках данной научной школы разработан комплекс математических моделей процессов высокотемпературного воздействия на изделия и материалы, предложены температурные режимы их обработки. Исследованиям теплоизоляционных материалов и изделий в Национальном исследовательском Мордовском государственном университете им. Н.П. Огарева посвящены работы В.П. Селяева, В.А. Неверова, А.К. Осипова.

Обширные исследования, посвященные созданию специальных изделий проводились также Ю.М. Баженовым, С.Г. Цариченко, В.А. Горевым и другими. Поведение конструкций из металлов на пожаре изучалось Б.В. Грушевским, Н.П. Копыловым, И.Р. Хасановым, М. Холмсом, Р.Д. Анкхором, Р.Н. Крук. Вопросы применения герметиков изучались специалистами ФГУП «ВНИПИИИстромсырьё», ФГУП «НИИСК им. Академика С.В. Лебедева». Данные композитные материалы исследовались У.Болтоном, В.В. Михеевым, И.Г. Овчинниковым, Л.Ю. Матвеевой, П.Б. Кукса, М.А. Ефремовой, А.В. Ястребинской. Способы наземного обнаружения пожаров предлагались Санкт-Петербургским государственным электротехническим университетом, Владимирским государственным университетом, ООО «ДиСиКон» (г. Нижний Новгород), иных научных центров. Данные решения ориентированы для применения в лесах. Однако проводимые ранее исследования для изучения высокотемпературного воздействия на строительные материалы не затрагивали влияние расстояния между малоэтажными зданиями, места установки, мощности инфракрасного излучения, размера термочувствительного элемента на время срабатывания специальных наружных стеновых изделий. Все отмеченное и определило цель настоящей работы, которая выполнялась в соответствии с научным направлением, развиваемым Ивановским государственным политехническим университетом в рамках плана НИР ИВГПУ.

Цель диссертационного исследования: разработать и исследовать наружные стеновые изделия для дистанционной диагностики пожарной безопасности малоэтажных зданий в условиях интенсивного теплового воздействия, соответствующего стандартному температурному режиму пожара.

Задачи диссертационного исследования:

1. Исследовать высокотемпературное воздействие при пожаре на строительные материалы и изделия для разработки конструкции совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока.
2. Разработать комплексную методологию расчета, позволяющую определить динамику полей температур в составных элементах изделия, учитывающую взаимоотношение граничных условий; методику расчета температуры и времени срабатывания исследуемого средства обнаружения пожара.
3. Установить влияние расстояния между малоэтажными зданиями, места установки, мощности инфракрасного излучения, размера термочувствительного элемента на время срабатывания наружных стеновых изделий для дистанционной диагностики пожарной безопасности этих зданий в условиях интенсивного теплового воздействия.
4. Исследовать изменение влажности воздуха внутри разработанных наружных стеновых изделий в условиях различных режимов капельного орошения,

в том числе и при использовании герметичных материалов, с учетом влияния указанных процессов на характеристику данных изделий.

5. Исследовать поведение совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока в условиях огневых испытаний.

6. Оценить эффективность затрат на установку совмещенных с пожарным извещателем бетонных блоков для обеспечения пожарной безопасности малоэтажного здания.

Научная новизна:

- на основе анализа текущего состояния вопроса эффективности использования наружных стеновых изделий для дистанционной диагностики пожарной безопасности малоэтажных зданий, выдвинута гипотеза о возможности разработки метода раннего обнаружения пожара с помощью технического средства защиты людей от пожаров, позволяющего осуществлять оценку стойкости строительных материалов в условиях воздействия внешней среды, а также осуществлять контроль качества этого обеспечивающего предупреждение пожара изделия;

- на основании методов теории теплопроводности с комбинированными граничными условиями получена комплексная методология расчета, позволяющая определить динамику полей температур в составных элементах изделия, учитывающая взаимоотношение граничных условий; получена методика расчета температуры и времени срабатывания пожарного извещателя, размещенного в бетонном блоке, что позволило научно обосновать целесообразность применения данного изделия для обеспечения пожарной безопасности на объектах строительства.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные представления о поведении в условиях интенсивного теплового воздействия и об эксплуатационных характеристиках совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока, с учетом закономерностей процессов теплопереноса, позволяют определять порядок использования данных наружных стеновых изделий и применяются в ООО «Эксперт безопасности», ООО «Артель-Строй». Разработанные предложения по их герметизации способствуют обеспечению требуемых для данных наружных стеновых изделий эксплуатационных условий.

Разработанный совмещенный с пожарным извещателем бетонный блок позволяет осуществлять дистанционную диагностику для обеспечения пожарной безопасности малоэтажных зданий в условиях интенсивного теплового воздействия и находит применение в деятельности СРО Ассоциации «ОСЮСКО».

Методология и методы диссертационного исследования. В работе описаны результаты обобщения, систематизации и анализа отечественной и зарубежной научно-технической литературы по теме исследования. С учетом этого формулировались задачи, определены пути их решения и осуществлена проверка достоверности полученных результатов. При этом использовались теоретические и эмпирические методы исследований.

Положения, выносимые на защиту:

- комплексная методология расчета, позволяющая определить динамику полей температур в составных элементах изделия, учитывающая взаимоотношение граничных условий; методика расчета температуры и времени срабатывания совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока;

- результаты исследования изменения влажности воздуха внутри разработанных наружных стеновых изделий в условиях различных режимов капельного орошения, в том числе и при использовании герметичных материалов;
- конструкция совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока;
- результаты исследований влияния расстояния между малоэтажными зданиями, места установки, мощности инфракрасного излучения, размера термочувствительного элемента на время срабатывания наружных стеновых изделий для дистанционной диагностики пожарной безопасности этих домов в условиях интенсивного теплового воздействия.

Степень достоверности полученных результатов. Исследования проведены с применением современных физических и физико-химических методов анализа, а также математической обработкой полученных данных. Достоверность и обоснованность полученных результатов также обусловлены использованием методик по ГОСТам и соответствием полученных экспериментальных данных физико-химическим представлениям о процессах тепло-массопереноса и результатам экспериментальной работы других авторов.

Апробация результатов работы и публикации. Основные положения диссертации опубликованы в сборнике, входящем в международную базу цитирования Scopus: «Proceedings of EECSE 2019. EECSE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 70. Springer, Cham», в журнале, входящем в международную базу цитирования WoS: «Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2020. № 4 (48)», в журналах, рецензируемых ВАК Министерства образования и науки РФ: «Техносферная безопасность» № 1 (18), 4 (21) 2018; «Современные проблемы гражданской защиты» («Вестник Воронежского института ГПС МЧС России») № 1 (30), № 4 (33) 2019, № 3 (36) 2020; «Приволжский научный журнал» № 2 (54) 2020; «Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии» 4 (16) 2020, Научный журнал строительства и архитектуры № 4 (48), 2020, Строительные материалы № 3, 2021.

Результаты исследований доложены на Международной научно-методической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса», г. Иваново, 2009; IX научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», г. Иваново, 2014; XXVII международной научно - практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности», г. Балашиха, 2015; VI-VII всероссийских научно-практических конференциях «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов», г. Иваново, 2019-2020; всероссийских (с международным участием) научно-технических конференциях аспирантов и студентов (ПОИСК – 2019, ПОИСК-2020), г. Иваново, 2019-2020; XX международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства, строительной индустрии и архитектуры», г. Тула, 2019; VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей «Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности», г. Волгоград, 2019.

Внедрение результатов исследований. Разработанные на основании проведенных исследований практические рекомендации внедрены компаниями ООО «Эксперт безопасности», ООО «Артель-Строй», СРО Ассоциации «ОСЮСКО».

Практические рекомендации по эксплуатации совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока были использованы при осуществлении экспертной деятельности на объектах нового строительства ООО «Эксперт безопасности». Установлено, что применение совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока позволяет обнаруживать интенсивное тепловое излучение при пожаре.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты проведенных исследований внедрены в учебный процесс кафедры естественных наук и техносферной безопасности ФГБОУ ВО ИВГПУ при проведении лекций на лабораторных занятиях для обучения бакалавров 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиль «Безопасность технологических процессов и производств» по дисциплинам «Продвижение инновационных идей в техносферной безопасности», «Профилактика пожаров», а также для обучения специалистов 20.05.01 «Пожарная безопасность» по профилю «Риск-менеджмент в сфере пожарной безопасности» по дисциплинам «Пожарная безопасность в строительстве», «Производственная и пожарная автоматика», «Информационные технологии в управлении чрезвычайными ситуациями» и «Организация защиты населений и территорий от чрезвычайных ситуаций».

Личный вклад автора. Автором сформулированы цели и задачи исследования, выбраны объекты, методология и методы исследований, разработан комплекс теоретических и экспериментальных изысканий; предложена модель, связывающая интенсивность инфракрасного излучения, температуру и время срабатывания совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока, лично осуществлялась постановка и осуществление исследований по установлению режимов влажности воздуха внутри совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока при капельном орошении в условиях применения различных вариантов его герметизации и без таковой; проводил разработку совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока; обработал и провел анализ основных результатов исследования, а также непосредственно участвовал при их практической реализации. Автор осуществлял личное участие в проведении теоретических исследований и постановке экспериментов, обсуждал их с научным руководителем.

Публикации. По материалам выполненных исследований опубликованы 23 работы, в том числе в изданиях, включенных в международную базу цитирования Scopus, опубликована 1 статья, в изданиях, включенных в международную базу цитирования WoS, опубликована 1 статья; в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ, опубликовано 9 статей; получены патент на полезную модель РФ № 198053 U1 от 16.06.2020 г., свидетельство регистрации ПрЭВМ № 2020663950 от 5.11.2020.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, 9 приложений; изложена на 181 странице машинописного текста, содержит 36 рисунков, 37 таблиц и список литературы из 240 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, приведена общая характеристика работы, а также научные положения, которые выносятся на защиту, аргументирована практическая значимость диссертационного исследования.

В первой главе проанализированы работы зарубежных и отечественных авторов, посвященные современным представлениям о противопожарном состоянии малоэтажных зданий, способах защиты их от пожаров, видам строительных материалов, применяемых для малоэтажного строительства, их классификации и пожарной опасности, методы испытания пожарных извещателей, а также математические методы определения теплофизических характеристик. На основании проведенного анализа поставлены задачи исследования.

Современные здания очень часто защищают от пожаров посредством установки технических средств обнаружения пожаров. Однако, применение этих средств ограничивается возможностью ложного срабатывания.

Исходя из этого, необходимо решить задачу расчета рабочих параметров наружных стеновых изделий для дистанционной диагностики пожарной безопасности малоэтажных зданий на основе теории протекающих при этом микропроцессов. При этом при моделировании температурных процессов в указанных изделиях необходимо учитывать систему дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных.

Во второй главе представлена информация о материалах и изделиях, используемых для проведения экспериментальных исследований воздействия температуры на термочувствительный элемент СПИББ. Приведены методики получения экспериментальных данных, подготовки образцов для исследования, а также обрабатывания полученных результатов. Анализ материалов проводился посредством использования стандартных методик. Для создания образцов использовался портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н. Бетонные блоки выполнялись размером 0,1×0,1×0,1 м со сквозным отверстием внутри диаметром 0,06±0,001 м в соответствии с патентом на полезную модель № 198053 U1, разработанную в рамках научной школы академика РААСН С.В. Федосова.

С целью изучения свойств и характеристик образцов проводились экспериментальные исследования физических свойств данного изделия при различных условиях, в том числе определение влажности воздуха внутри бетонного блока, измерение температуры термочувствительных элементов (далее – ТЭ) на различных расстояниях от источника ИК-излучения, при различной мощности излучения, при различных диаметрах термочувствительных элементов. Проводилась также математическая обработка полученных данных.

Для изучения показателей влажности воздуха внутри образцов и проведения экспериментальных исследований была собрана дрип-установка. Дозированное поступление воды осуществлялось от емкостей через капельницы на грани блока в различных комбинациях. Объем каждой емкости был равен 1,2 л. Подача этой воды на образец осуществлялась каплями в течение 24 часов. При этом влажность воздуха измерялась по ГОСТ 12.1.005-88. Аналогичным образом измеряется влажность воздуха внутри образцов при его размещении в камере, образованной полиэтиленовой пленкой по металлическому каркасу, и при повышении влажности воздуха до 100% в данной камере.

Для определения температуры термочувствительного элемента СПИ ББ в результате воздействия инфракрасного излучения был собран стенд, предполагающий воздействие инфракрасного излучателя мощностью 2 кВт в течение 10 минут по ГОСТ Р 53325-2012. При этом условия размещения образцов отличались в зависимости от позиции испытаний.

Для проведения испытаний использовался тестовый очаг пожара ТП-1 по

ГОСТ Р 53325-2012. Цель данного исследования заключалась в определении времени срабатывания образца на определенных расстояниях. В рамках данного эксперимента изучалась также кинетика изменения температуры термочувствительных элементов при воздействии открытого огня.

В третьей главе описан алгоритм работы СПИ ББ, который формирует сигнал «Пожар» на прибор приемно-контрольный.

При разработке комплексной методологии расчета рассматривались три варианта конструкции подвергаемого нагреву диска термочувствительного элемента. Первый вариант предусматривает нагревание стального диска. Второй вариант предполагает нагревание

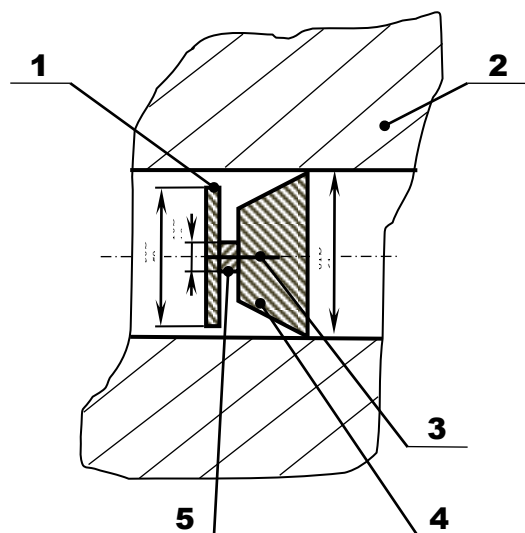


Рисунок 1. Эскизный чертеж совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока (первый вариант): 1 – стальной диск; 2 – бетонный блок; 3 – термочувствительный стержень пожарного извещателя; 4 –пожарный извещатель; 5 - крепление к пожарному извещателю.

двухслойного диска, состоящего из стальной и стеклянной частей. Третий вариант подразумевает размещение стального диска на некотором удалении от стеклянного диска. Во втором и третьем варианте части изделия находятся в «идеальном» тепловом контакте. Во всех трех вариантах цилиндрическая поверхность (боковая) дисков теплоизолированная. Между высокотемпературной газовой средой и дисками происходит сложный теплообмен в результате конвекции и излучения.

Задача для первого варианта заключается в определении значения температуры $t(x, \tau)$ в зависимости от времени (τ) по толщине диска (x).

Теплоперенос в диске 1 на рисунке 1 с граничными условиями третьего рода, которые

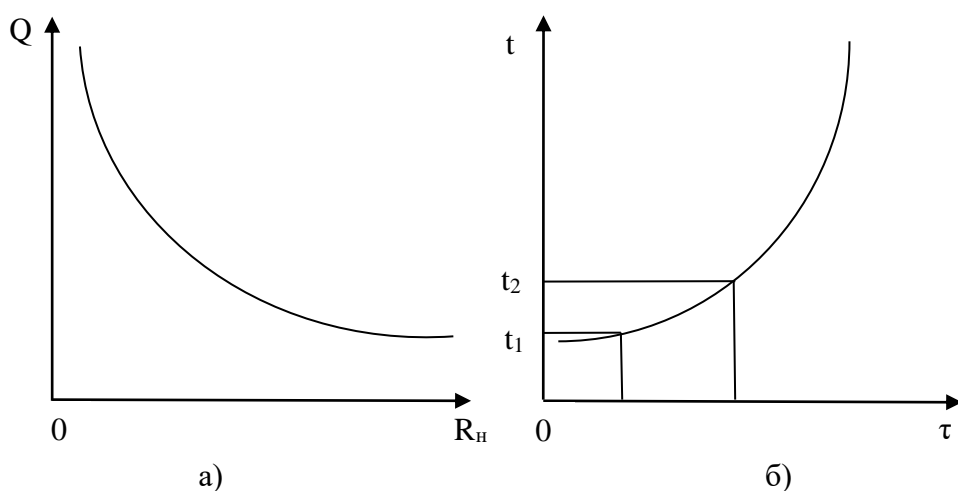


Рисунок 2. Кривые, описывающие динамику теплового воздействия на СПИ ББ: а) – зависимость теплового потока (Q) от расстояния до СПИ ББ (R_n); б) – зависимость температуры ТЭ СПИ ББ (t) от времени его нагрева (τ). Здесь t_1 и t_2 – нижнее и верхнее пороговое значение температуры, °С.

учитывают конвективный теплообмен с левой стороны и первого рода, которые характеризуют значение температуры с правой стороны.

На рисунке 2 (а) показано, что по мере удаления от источника излучения тепловой поток уменьшается. На рисунке 2 (б) описана рабочая зона СПИ ББ [t₁, t₂] с диапазоном температур 54...65°C.

Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности:

$$\rho C \frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t(x,\tau)}{\partial x^2} \quad (1)$$

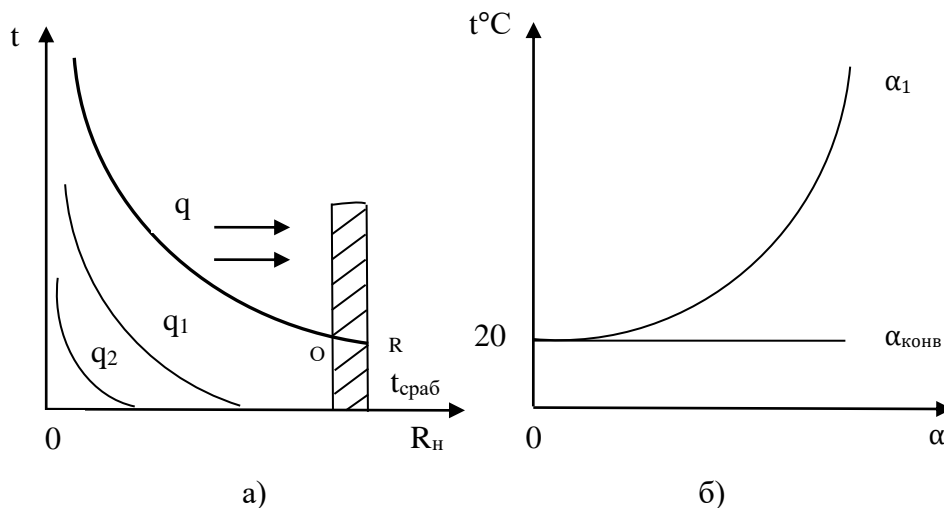


Рисунок 3. Кривые, описывающие динамику теплового воздействия на СПИ ББ: а) – зависимость температуры источника излучения и ТЭ СПИ ББ (t) от расстояния между ними (R_н) при различных тепловых потоках (q, q₁, q₂), участок OR описывает температурное поле внутри ТЭ СПИ ББ при нагреве до температуры срабатывания t_{сраб}; б) – зависимость температуры ТЭ СПИ ББ (t) от коэффициента теплоотдачи (α).

Воздействие теплового потока на СПИ ББ, которое иллюстрируется на рисунке 3 (а), не всегда приводит к срабатыванию изделия. Например, при тепловых потоках q₁ и q₂. Тепловой поток q позволяет нагреть ТЭ СПИ ББ до температуры срабатывания t_{сраб}. При этом измерение

температуры ТЭ СПИ ББ осуществляется в точке R.

Тепловой поток излучения в системе «факел-СПИ ББ», составные части которой разделены лучепрозрачной средой можно рассчитать по формуле:

$$q_2 = c_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \varphi_{1-2} \quad (2)$$

К этому уравнению (2) два граничных условия: третьего и первого рода. Начальная температура стали постоянна и равна t₀. На поверхность изделия воздействует высокая температура пожара t_{пож.}.

Между высокотемпературной газовой средой и диском ТЭ СПИ ББ происходит сложный теплообмен в результате конвекции и излучения:

$$q_{\Sigma} = q_{и} + q_{к} = \alpha_{эф.} [t_{пож.} - t_{пов.}] \quad (3)$$

На рисунке 3 (б) показана динамика изменения коэффициента теплоотдачи (α) при нагреве ТЭ СПИ ББ. Начальная температура СПИ ББ 20°C. Коэффициент теплоотдачи в результате конвекции (α_{конв}) практически не изменяется.

В рамках проведения исследования было получено выражение для стального диска термочувствительного элемента:

$$T_1(\bar{x}, Fo) = 1,01 \cos(0,077\bar{x}) \exp(-0,006Fo) - 0,001 \cos(3,14\bar{x}) \times$$

$$\times \exp(-9,86Fo) + 0,003 \cos(6,28\bar{x}) \exp(-39,43Fo) \quad (4)$$

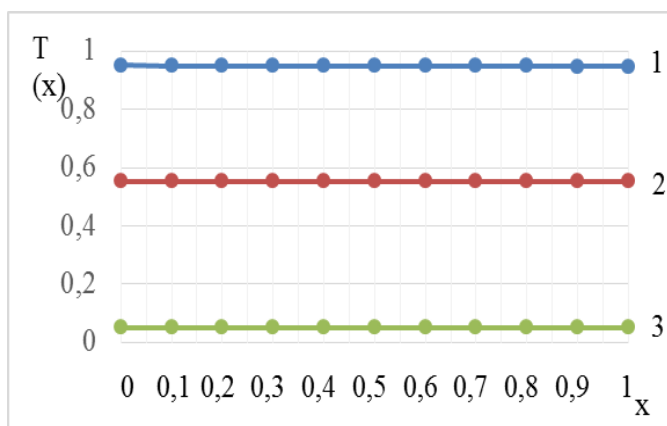


Рисунок 4. Распределение безразмерных температур по толщине стального диска в зависимости от числа Фурье ($Bi = 0,006$) Fo : 1) 10; 2) 100; 3) 500.

Результаты расчета по уравнению (4) иллюстрируются на рисунке 4.

На рисунке 5 представлен второй вариант СПИ ББ, при котором рассматривается система двух тел.

Для второго варианта конструкции получено уравнение:

$$T_1(0, Fo) = \frac{1}{1 + K_a K_\lambda K_\delta} \left\{ 1 - K_\lambda K_\delta - Ki K_\lambda [Fo + 0,5 - \frac{1 + K_a K_\delta (3K_\delta + 3K_\lambda + K_a K_\lambda K_\delta^2)}{6(1 + K_a K_\lambda K_\delta)}] \right\} +$$

$$+ 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\mu_n^2 \cos \mu_n \cos(\mu_n \sqrt{K_a K_\delta}) (1 + K_a K_\lambda K_\delta) - \sin \mu_n \sin(\mu_n \sqrt{K_a K_\delta}) \sqrt{K_a} (K_\lambda + K_\delta)} \times$$

$$\times \left\{ \mu_n \sin \mu_n \cos(\mu_n \sqrt{K_a K_\delta}) - \frac{K_\lambda}{\sqrt{K_a}} \cos \mu_n \right\} \exp(-\mu_n^2 Fo) \quad (5)$$

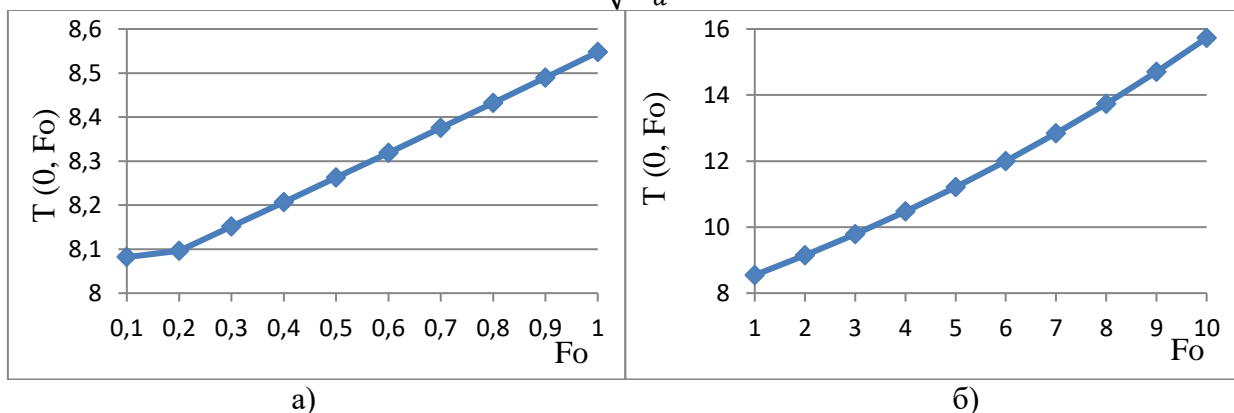


Рисунок 6. Изменение безразмерной температуры в зависимости от числа Фурье: а) – в диапазоне 0,1...1; б) – в диапазоне 1...10.

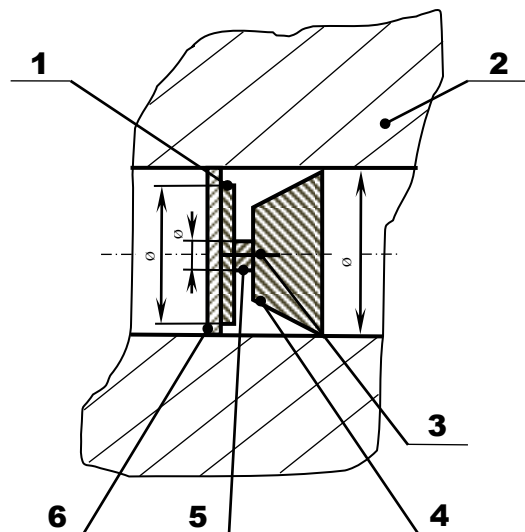


Рисунок 5. Эскизный чертеж совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока (второй вариант): 1 – стальной диск; 2 – бетонный блок; 3 – термочувствительный стержень пожарного извещателя; 4 – пожарный извещатель; 5 – крепление к пожарному извещателю. 6 – стеклянный диск.

Уравнение (5) отражает зависимость безразмерной температуры от числа Фурье в точке отсчета при размещении стального диска по второму варианту. Результаты расчета представлены на рисунке 6.

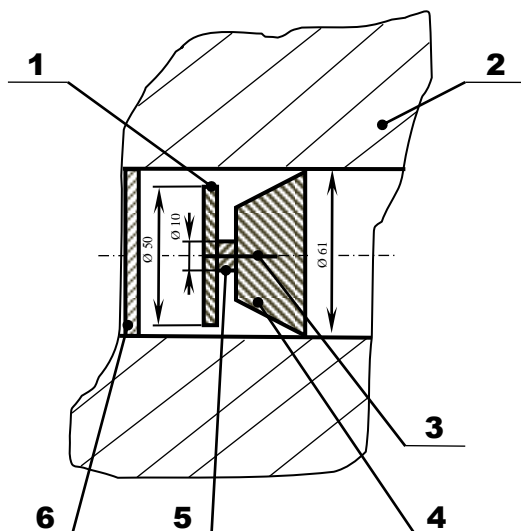


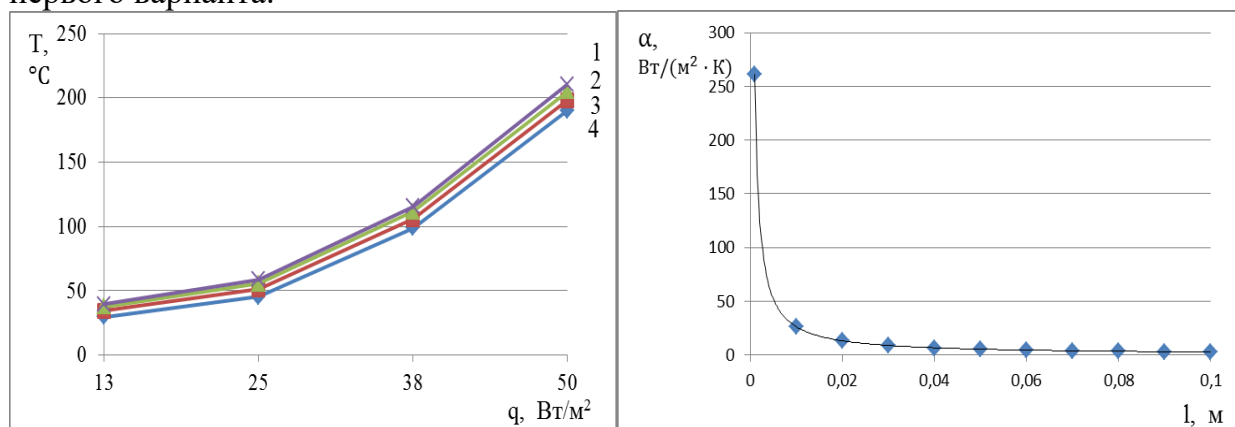
Рисунок 7. Эскизный чертеж совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока (третий вариант): 1 – стальной диск; 2 – бетонный блок; 3 – термочувствительный стержень пожарного извещателя; 4 – пожарный извещатель; 5 – крепление к пожарному извещателю, 6 – стеклянный диск.

Таким образом, при заданных условиях происходит повышение безразмерной температуры при увеличении числа Фурье. Это означает, что формула (5) работает адекватно.

Следовательно, она может быть рекомендована к использованию.

Для третьего варианта (рисунок 7) для защиты ТЭ СПИ ББ от негативного воздействия окружающей среды также предлагается использовать стекло. В отличие от второго

варианта здесь стеклянный диск находится на некотором удалении от стального диска. Для решения этой задачи используется решение, которое применялось для первого варианта.



а)

б)

Рисунок 8. Зависимости: а) температуры ТЭ СПИ ББ от теплового потока: 1 – на 10 мин; 2 – на 7 мин; 3 – на 4 мин; 4 – на 1 мин; б) коэффициента теплоотдачи диска от его характерного размера.

Зависимость температуры ТЭ СПИ ББ от теплового потока при различной продолжительности нагрева представлена на рисунке 8 (а). На рисунке 8 (б) представлена зависимость коэффициента теплоотдачи диска ТЭ от его характерного размера.

В рамках исследования для третьего варианта конструкции предложена система уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} q_2 &= c_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \varphi_{1-2}, \end{aligned} \right. \quad (6)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \rho_i c_i \frac{\partial t_i(x, \tau)}{\partial \tau} &= \lambda_i \frac{\partial^2 t_i(x, \tau)}{\partial x^2}, \end{aligned} \right. \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{aligned} -\lambda_{ст} \frac{\partial t_1}{\partial x} &= \lambda_{газа} \frac{\partial t_2}{\partial x}, \end{aligned} \right. \quad (8)$$

Проводились также численные эксперименты. Рассматривалось проведение двух видов испытаний: стендовые и огневые.

Для первого варианта получено также выражение:

$$t_{д2}(\tau) = \frac{\alpha_{эф} t_{ист}(\tau) + \alpha_{конв} t_{газ}(\tau)}{(\alpha_{эф} + \alpha_{конв})} - \frac{\delta \rho_d C_d}{(\alpha_{эф} + \alpha_{конв})} \times \\ \times \left(\frac{\alpha_{эф} t_{ист}(\tau) + \alpha_{конв} t_{газ}(\tau)}{\delta \rho_d C_d} - \frac{(\alpha_{эф} + \alpha_{конв})}{\delta \rho_d C_d} t_{д1}(\tau) \right) \exp \left[- \frac{(\alpha_{эф} + \alpha_{конв})}{\delta \rho_d C_d} \tau \right] \quad (9)$$

Для обоих расчетов использовались следующие величины: $m_d = 0,015$ кг; $C_d = 500$ Дж/(кг·К); $S_d = 0,002$ м²; $t_{ф}^0 = 333$ К; $t_{д}^0 = 293$ К; $t_{д}^0 = 293$ К; $q_{п} = 1632$ Вт/(м²).

Стендовые испытания проводились на расстоянии между совмещенным с пожарным извещателем бетонным блоком и источником ИК-излучения 0,2 м, $t_{ф}^* = 674$ К; $q = 25000$ Вт/(м²).

При данных условиях начинается развитие опасности, которое характеризуется повышением температуры термочувствительного элемента свыше 54°C, что приводит к срабатыванию СПИ ББ. Эти показатели позволяют определить время срабатывания СПИ ББ на определенном расстоянии исходя из пороговых значений температуры срабатывания конкретного пожарного извещателя.

На рисунке 9 представлены тренды зависимости температуры (°C) от времени воздействия ИК-излучения (мин): I – полученная расчетным путем по полученной модели; II – полученная эмпирическим путем посредством измерения при стендовых испытаниях. Красным цветом обозначены рассчитанные значения. Синим цветом обозначались измеренные значения. Полученные зависимости I и II указывают на достаточность теплового воздействия, при заданных условиях стендовых испытаний, для достижения температуры срабатывания пожарного извещателя. При этом коэффициент детерминации R^2 равен 0,93.

Следующее уравнение (10) описывает зависимость безразмерной температуры от толщины стального диска при передаче тепла среде:

$$T(\bar{x}, Fo) = Ki \left[(1 - \bar{x}) - \sum_{n=1}^3 \frac{8 \cos(\mu_n \bar{x})}{\pi^2 n^2} \exp \left(- \frac{\pi^2 n^2}{4} Fo \right) \right] \quad (10)$$

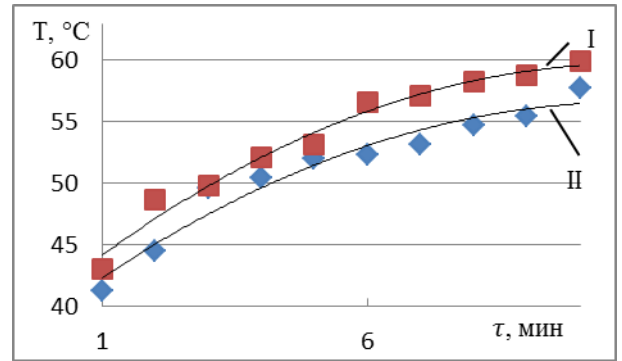


Рисунок 9. Тренды зависимости температуры от времени воздействия ИК-излучения при стендовых испытаниях: I – для расчетной зависимости с учетом эксперимента; II – для эмпирической зависимости.

Другой численный эксперимент заключался в определении температуры термочувствительного элемента в том случае, когда нагревается только сегмент соответствующего диска. В рамках исследования была предложена формула для расчета площади нагреваемого сегмента диска термочувствительного элемента:

$$S(\varphi) = \begin{cases} R_d^2 \left(\pi \frac{\varphi}{360} - \frac{\sin \varphi}{2} \right), & \varphi < 180^\circ \\ R_d^2 \left(\pi \frac{\varphi}{360} + \frac{\sin(360 - \varphi)}{2} \right), & \varphi > 180^\circ \end{cases} \quad (11)$$

С целью определения зависимости температуры указанного ТЭ СПИ ББ ($T(\varphi), ^\circ\text{C}$) от площади нагрева его сегмента (S, m^2) были получены эмпирические данные. Расстояние от излучателя до линзы с оптической силой 20 Дптр было равно 0,20 м. Мощность воздействия инфракрасного излучателя равнялась 2 кВт, воздействие осуществлялось в течение 10 минут. После аппроксимации данных получено уравнение:

$$T(\varphi) = 37,98 \varphi^{0,06} \quad (12)$$

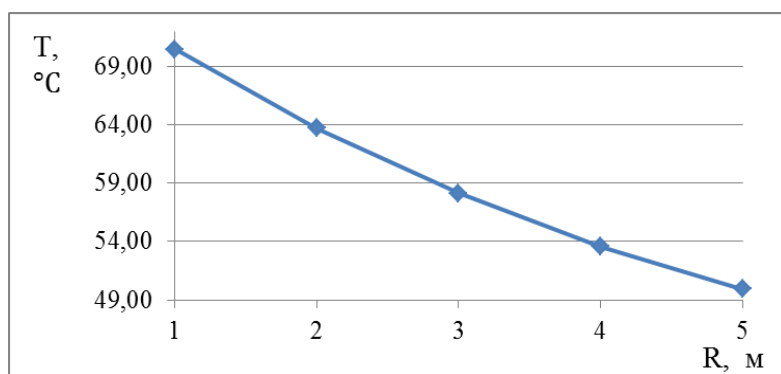


Рисунок 10. Зависимость температуры ТЭ СПИ ББ от расстояния до базового очага пожара.

Следующий численный эксперимент проводился для определения расстояния работоспособности СПИ ББ, то есть максимальное удаление от потенциально угрожающего пожаром объекта, позволяющего обеспечить срабатывание данного изделия в результате интенсивного теплового воздействия. Приняв за базовый очаг

пожара горение штабеля лесоматериалов $6 \times 6 \times 6$ м, после аппроксимации была получена формула:

$$q(R) = 0,06R^2 - 2,05R + 30,52 \quad (13)$$

На рисунке 10 показаны результаты расчета времени температуры ТЭ СПИ ББ на 10 минут нагрева при определении теплового потока по уравнению (13). При этом использовался метод двухмерной сплайн-интерполяции-экстраполяции.

Проведенный расчет позволил определить место установки СПИ ББ на максимальном удалении 4 м от базового очага пожара.

В четвертой главе проведены исследования воздействия инфракрасного излучения на термочувствительный элемент в рамках серии стендовых и огневых испытаний. Стендовые испытания проводились также для определения влажности воздуха внутри изделия.

Для исследования воздействия инфракрасного излучения на термочувствительный элемент был использован излучатель мощностью 2 кВт, воздействие осуществлялось в течение 10 минут по ГОСТ Р 53325-2012. При этом условия размещения совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока отличались в зависимости от позиции испытаний.

Для описания зависимости кинетики изменения температуры термочувствительного элемента от времени нагрева и расстояния от источника излучения до совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока в период

нагрева проведена статистическая обработка. При этом получена зависимость, которая имеет вид:

$$T_l(\tau, R) = 3,88\tau - 0,13\tau^2 - 469R^2 + 244 - 4,05R\tau + 11,18 \quad (14)$$

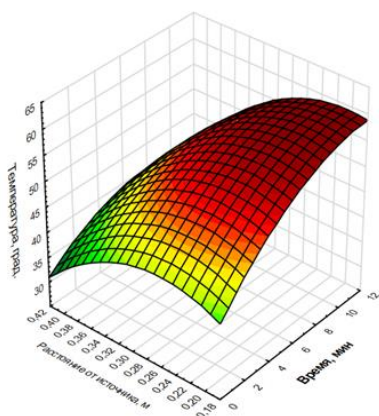


Рисунок 11. Кинетика изменения температуры термочувствительного элемента в период воздействия инфракрасного излучения

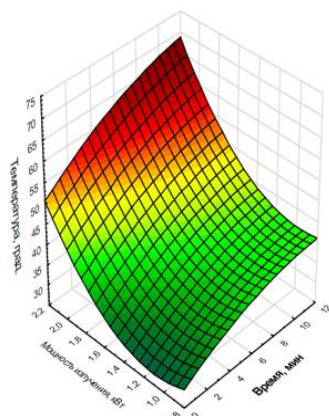


Рисунок 12. Кинетика изменения температуры термочувствительного элемента в период воздействия инфракрасного излучения

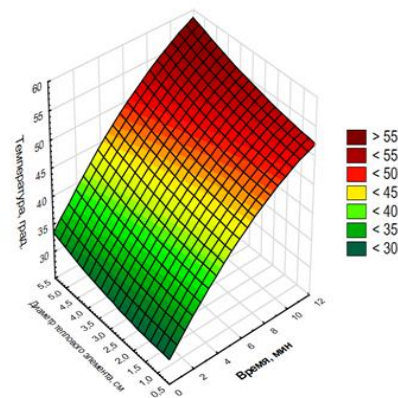


Рисунок 13. Кинетика изменения температуры термочувствительного элемента в зависимости от его диаметра

Анализ результатов расчета, изображенных на рисунке 11, и выражения (14) показывает, что с сокращением расстояния между источником излучения и совмещенным с пожарным извещателем бетонным блоком скорость увеличения температуры термочувствительного элемента возрастает. Наиболее быстрое увеличение температуры термочувствительного элемента происходит на расстоянии 0,2 м. При этом кривые нагрева на расстояниях 0,2 и 0,3 м в значительно меньшей степени отстоят друг от друга в сравнении с кривыми нагрева на расстоянии 0,3 м и 0,4 м.

Также была установлена зависимость кинетики изменения температуры термочувствительного элемента от времени нагрева и мощности источника излучения. Указанная зависимость имеет вид:

$$T_l(\tau, W) = 18,94 W^2 - 0,08\tau^2 + 1,58\tau - 41,64W + 0,39W\tau + 50,63 \quad (15)$$

Анализ рисунка 12 и выражения (15) показывает, что при мощности излучения 1 кВт и 1,5 кВт на термочувствительный элемент диаметром 0,058 м на расстоянии 0,20 м от излучателя до линзы с оптической силой 20 Дптр минимальная температура срабатывания пожарных извещателей класса А1 не была достигнута.

Была также установлена зависимость кинетики изменения температуры термочувствительного элемента от его диаметра и времени нагрева. Указанная зависимость имеет вид:

$$T_l(\tau, d_{ТЭ}) = 0,15d_{ТЭ} - 0,08\tau^2 + 2,87\tau - 0,011d_{ТЭ} + 0,05d_{ТЭ}\tau + 29,48 \quad (16)$$

Анализ рисунка 13 и выражения (16) показывает, что при уменьшении диаметра термочувствительного элемента понижается скорость его нагрева. При воздействии инфракрасного излучения мощностью 2 кВт на термочувствительные элементы черного цвета с диаметром 0,01 м и 0,03 м минимальная температура

срабатывания пожарных извещателей класса А1 и А2 не была достигнута.

Результаты измерения температуры ТЭ во время огневых испытаний подтверждают возможность испытания совмещенного с пожарным извещателем класса А1 бетонного блока на расстоянии 0,5 м от очага ТП-1.

Кроме того, было произведено измерение влажности воздуха внутри совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока в различных условиях. Получен результат, подтверждающий возможность достижения критического значения влажности в 93% за 24 часа. При этом использование силиконизированного герметика VGT или полиэтиленовой герметичной капсулы позволяют не нарушить режим эксплуатации пожарного извещателя.

В пятой главе проведена оценка эффективности затрат на обеспечение пожарной безопасности малоэтажного здания при использовании совмещенных с пожарным извещателем бетонных изделий. Данная оценка проводилась с учетом статистических данных Ивановской области. Расчет проведен для II-V степеней огнестойкости с учетом и без самозанятости проживающего населения. Установлено, что затраты на использование совмещенных с пожарным извещателем бетонных изделий являются экономически эффективными для малоэтажных зданий Ивановской области II-V степеней огнестойкости.

В заключении описаны итоги выполненного исследования:

1. Проведенный анализ литературных источников показывает наличие в строительном материаловедении значительного количества материала, посвященного тепломассопереносу. Множество работ содержат сведения об изучении технических средств обнаружения пожара в помещении. Вместе с тем практически отсутствуют исследования вопросов создания строительных изделий для мониторинга пожарной безопасности малоэтажных зданий, которые позволяли бы обнаруживать интенсивное тепловое воздействие, возникающие при пожаре в соседнем здании (сооружении).

2. Разработана конструкция совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока. Данная конструкция включает в себя модифицированный установкой дополнительного термочувствительного элемента в виде стального диска черного цвета тепловой пожарный извещатель класса А1. Эта конструкция позволяет обеспечивать функционирование данного строительного изделия в соответствии с разработанным алгоритмом, учитывающим необходимость дифференцирования воздействия различной интенсивности: от пожара и от солнечных лучей.

3. Расчеты, проведенные по предложенным физической и математической моделям интенсивного теплового воздействия на термочувствительный элемент разработанного строительного изделия, показывают, что тепловой поток изменяется не так интенсивно, что им можно пренебречь.

4. Предложена комплексная методология расчета, позволяющая определить динамику полей температур в составных элементах изделия, учитывающая взаимоотношение граничных условий; методика расчета температуры и времени срабатывания совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока.

4. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили подготовить компьютерную программу. Данная программа разработана для проведения расчета технических параметров процесса интенсивного теплового воздействия на разработанное строительное изделие.

5. На основании проведенных экспериментальных исследований установлено, что влажность воздуха внутри бетонного блока из портландцемента марки ЦЕМ I 42,5Н при подаче капель из дрипустаковки повышается. При длительном и (или) интенсивном попадании капель воды возможно достижение критического значения влажности воздуха в 93%. Для решения этой проблемы необходима реализация комплекса мер по герметизации разработанного строительного изделия. Нанесение на поверхность бетонного блока силиконизированного герметика VGT или создание внутри него полиэтиленовой герметичной капсулы позволяют избегать достижения критического значения влажности воздуха в 93%.

6. На основании анализа проведенных стендовых испытаний диска термочувствительного элемента разработанного строительного изделия установлена связь между его диаметром, расстоянием до ИК-излучателя, мощностью данного излучателя. Указанный анализ также подтвердил необходимость использования черного диска термочувствительного элемента при создании разработанного строительного изделия.

7. Анализ огневых испытаний разработанного строительного изделия подтвердил возможность их срабатывания в течение времени, не превышающего 600 секунд, в результате воздействия тестового очага пожара ТП-1 на расстоянии 0,5 м.

8. Определена эффективность предлагаемых затрат на обеспечение пожарной безопасности малоэтажных зданий Ивановской области при использовании совмещенных с пожарным извещателем бетонных изделий. Установлено, что затраты на использование совмещенных с пожарным извещателем бетонных изделий являются экономически эффективными для рассматриваемых зданий II-V степеней огнестойкости.

9. Выполненные исследования позволили разработать практические рекомендации, которые внедрены 3 компаниями при строительстве малоэтажных зданий.

Теоретические положения диссертационной работы и результаты проведенных исследований внедрены в учебный процесс кафедры естественных наук и техносферной безопасности ФГБОУ ВО ИВГПУ по 6 дисциплинам (акт о внедрении от 01.09.2021 г., ИВГПУ, г. Иваново).

Перспективы дальнейшей разработки тематики: результаты исследования могут быть использованы для создания наружных стеновых изделий, способных включать средства пожарной автоматики для оповещения жильцов, вызова пожарно-спасательного подразделения, подачи огнетушащих средств на защиту определенного объекта. Полученные представления о процессах теплопереноса позволяют исследовать различные вариации сплавов для изготовления термочувствительных элементов и способов герметизации бетонных блоков, в том числе для использования в средах различной степени агрессивности.

Принятые обозначения:

q_2 – тепловой поток на ТЭ СПИ ББ, Вт/м²; T_1, T_2 – абсолютные температуры факела и поверхности ТЭ СПИ ББ, К; c_{1-2} – приведенный коэффициент излучения в системе «факел-СПИ ББ»; φ_{1-2} – угловой коэффициент излучения; q_{Σ} – суммарная плотность теплового потока (идет для нагрева внутрь) при пожаре излучением $q_{и}$ и конвекцией $q_{к}$, Вт/м², $\alpha_{эф.}$ – эффективный коэффициент теплоотдачи за счет излучения и конвекции, Вт/(м²·К), $t_{пож.}$ - температура излучающего агента пожара,

K , $t_{\text{пов.}}$ - температура воспринимающей тепло поверхности изделия, К; Fo – число Фурье; $t_{\text{ист}}(\tau)$ и $t_{\text{газ}}(\tau)$ – температура источника излучения и газа вблизи диска, К; \bar{x} – заданная координата; Ki - критерий Кирпичева; n – количество членов ряда; $\alpha_{\text{конв}}$ и $\alpha_{\text{эф}}$ – конвективный и эффективный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); m_d, C_d, S_d - масса, теплоемкость и площадь диска термочувствительного элемента, соответственно: кг, Дж/(кг·К), м²; $q_{\text{п}}$ – плотность тепловых потерь, Вт/(м²); $t_{\text{ф}}^0$ и t_d – температуры факела и диска термочувствительного элемента соответственно, К; $t_{\text{ф}}^*$ и $t_{\text{ф}}^0$ – максимальное и начальное значение температуры факела, К; τ^* - время достижения температуры факела от $t_{\text{ф}}^0$ до $t_{\text{ф}}^*$, с; τ – время воздействия факела на диск к уравнению (4), с; R_d – радиус диска термочувствительного элемента, м; φ – центральный угол, °; τ – время воздействия инфракрасного излучения на термочувствительный элемент черного цвета к уравнениям (8)-(10), мин, $1 \text{ мин} \leq \tau \leq 10 \text{ мин}$; R – расстояние от источника инфракрасного излучения до совмещенного с пожарным извещателем бетонного блока, м, $0,2 \text{ м} \leq R \leq 0,4 \text{ м}$; W – мощность источника инфракрасного излучения, кВт, $1 \text{ кВт} \leq W \leq 2 \text{ кВт}$; $d_{\text{ТЭ}}$ – диаметр термочувствительного элемента, см, $1 \text{ см} \leq d_{\text{ТЭ}} \leq 5 \text{ см}$; $K_a, K_{\lambda}, K_{\delta}$ – безразмерные коэффициенты, характеризующие отношение соответственно температуропроводности, теплопроводности и толщины двух дисков, $\delta_{\text{ст}}$ – толщина диска, м, μ_n – дополнительная переменная, φ – центральный угол, °.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

публикации, включенные в перечень, определенный ВАК Минобрнауки РФ:

1. Салихова, А. Х. Опыт прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации на примере Ивановской области / А. Х. Салихова, Д. Б. Самойлов, Е.А. Шварев, В. Н. Михалин, **А.А. Лазарев**, О.С. Заварихина // Техносферная безопасность. – 2018. – № 1 (18). – С.9-16.
2. Лазарев, А.А. Рискогенные факторы планирования проверок в области пожарной безопасности / **А.А. Лазарев**, В.В. Булгаков // Техносферная безопасность. – 2018. – № 4 (21). – С.138-145.
3. Торопова, М. В. Особенности осуществления пожарного надзора в сфере производства текстильной продукции / М.В. Торопова, **А.А. Лазарев**, А.М. Мочалов // Современные проблемы гражданской защиты (Вестник Воронежского института ГПС МЧС России). – 2019. – № 1 (30). – С. 88-95.
4. Лазарев, А.А. Направления совершенствования проверок работоспособности локальных систем оповещения / **А.А. Лазарев**, А.К. Кокурин, В.Ю. Емелин, Л.А. Бросалова // Современные проблемы гражданской защиты (Вестник Воронежского института ГПС МЧС России). – 2019. – № 4 (33). – С. 52-60.
5. Федосов, С.В. Проблемы совершенствования мониторинга при строительстве малоэтажных жилых зданий / С.В. Федосов, В.И. Голованов, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова // Приволжский научный журнал. – 2020. – № 2. – С. 50-56.
6. Федосов, С.В. Противопожарный контроль соседних зданий при помощи сенсоров «умного дома» / С.В. Федосов, Н.И. Ватин, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова, В.Г. Маличенко // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 3 (36). – С. 125-135.
7. Федосов, С.В. Модель оценки на нормативно-техническом совете возможности внедрения новых строительных материалов / С.В. Федосов, В.Г. Маличенко, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова // Вестник Поволжского государственного

технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2020. – № 4 (16). – С. 14-25.

8. Федосов, С.В. Уравнения значений температуры срабатывания термочувствительных элементов пожарных извещателей, встроенных в бетонный блок / С.В. Федосов, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова, В.Г. Маличенко // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2020. – № 4 (60). – С. 35-42.

9. Федосов, С.В. О проблеме совершенствования строительных изделий, обеспечивающих пожарную безопасность малоэтажных зданий / С.В. Федосов, В.И. Голованов, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова, В.Г. Маличенко // Строительные материалы. – 2021. – № 3. – С. 57-63.

публикация, включенная в международную базу цитирования Scopus:

10. Fedosov, S., The Fire-Resistant Construction for Building Safety / S. Fedosov, V. Nikolay, **A. Lazarev**, V. Malichenko, M. Toropova // Proceedings of EECSE 2019. EECSE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 70. Springer, Cham. – 2020. – С. 319-327.

публикация, включенная в международную базу цитирования WoS:

11. Fedosov S.V. Equations for the operating temperature of thermosensitive elements of fire detectors embedded in a concrete block / S.V. Fedosov, **A.A. Lazarev**, M.V. Toropova, V.G. Malichenko // Russian Journal of Building Construction and Architecture. – 2020. – № 4 (48). – С. 31-38.

патенты и свидетельства:

12. Пат. 198053 U1 Российская Федерация, МПК E04C 1/39, E04B 1/94. Совмещенный с пожарным извещателем бетонный блок / С.В. Федосов, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова, В.Г. Маличенко; опубл. 16.06.2020, Бюл. № 17 – 9 с.

13. С. 2020663950 от 5.11.2020 Российская Федерация. Программа по определению пределов огнестойкости конструкций, предела распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов/ С.В. Федосов, В.Г. Маличенко, М.В. Торопова, **А.А. Лазарев**; Правообладатели: Федосов С.В., Маличенко В.Г., Торопова М.В., Лазарев А.А. (RU).-№ 020663225; заявл. 27.10.20.

в других международных изданиях:

14. Зенина, Т.Л. Пожарная безопасность в сельской местности / Т.Л. Зенина, **А.А. Лазарев** // Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-методической конференции. – Иваново, 2009. – С. 161-162.

15. Лазарев, А.А. Использование моделирования при создании новых технических средств обнаружения пожара / **А.А. Лазарев**, В.В. Серов, А.В. Смирнов, С.С. Лапшин // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVII международной научно - практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России. В 3 ч. Ч. 2 М: ВНИИПО. – 2015. – С.311-317.

16. Маличенко, В.Г. Оценка огнестойкости железобетонных ограждающих конструкций в условиях развития пожара и пожаротушения / В.Г. Маличенко, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова // (ПОИСК - 2019): сб. материалов всероссийской (с международным участием) научно-техническая конференция аспирантов и студентов. Ч. 1. – Иваново: ИВГПУ. – 2019. – С. 339-341.

17. Федосов, С.В. О строительных изделиях, способствующих нераспространению пожара на соседние здания и сооружения / С.В. Федосов, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова, П.Б. Татиевский // Материалы XX международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства, строительной

индустрии и архитектуры», Тульский государственный университет. – 2019. – С. 318-321.

18. Лазарев, А.А. О проблеме разработки индивидуальных интерактивных автоматизированных элементов диагностики развития пожара в малоэтажном строительстве / **А.А. Лазарев** // Материалы VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей «Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград. – 2019. – С. 226-227.

19. Блюдова, М.В. Стеновые материалы для малоэтажных зданий на основе бетона с экологически чистым натуральным наполнителем / М.В. Блюдова, В.Г. Маличенко, **А.А. Лазарев** // (ПОИСК - 2020): сб. материалов всероссийской (с международным участием) научно-технической конференция аспирантов и студентов. – Иваново: ИВГПУ. – 2020. – С. 406-407.

20. Доморощина, Т.И. Теоретические основы применения термочувствительных строительных материалов для светосигнального обозначения вертикальных поверхностей Оценка огнестойкости железобетонных ограждающих конструкций в условиях развития пожара и пожаротушения / Т.И. Доморощина, **А.А. Лазарев**, М.В. Торопова // (ПОИСК - 2020): сб. материалов всероссийской (с международным участием) научно-технической конференция аспирантов и студентов. – Иваново: ИВГПУ. – 2020. – С. 185-186.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю – Лауреату премии Правительства РФ в области науки и техники, заслуженному деятелю науки РФ, академику РААСН, доктору технических наук, профессору Сергею Викторовичу Федосову, кандидату технических наук, доценту Марии Владиевне Тороповой за определение тематики научных исследований теплопереноса в наружных стеновых изделиях для дистанционной диагностики пожарной безопасности малоэтажных зданий, а также члену-корреспонденту РААСН, доктору технических наук, профессору Варваре Евгеньевне Румянцевой и всем соавторам исследований, представленных в данной работе.

Научно-информационное издание

Лазарев Александр Александрович

Специальности: 05.23.05. – «Строительные материалы и изделия»

05.26.03 – «Пожарная и промышленная безопасность»

(строительство)

Наружные стеновые изделия для дистанционной диагностики и обеспечения пожарной безопасности малоэтажных зданий

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 02.08.2021 г. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 0,7. Тираж 100 экз. Заказ 107.

Отпечатано в типографии A1print

153048, г. Иваново, ул. Кудряшова, д. 71, оф. 9; тел.: 8960-50-800-34