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

УДК 614.841.332

ЖАМОЙДИК
Сергей Михайлович

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН С КОНСТРУКТИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТОЙ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность
(строительство)

Минск, 2017

Научная работа выполнена в государственном учреждении образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».

Научный руководитель:	**Полевода Иван Иванович,** кандидат технических наук, доцент, начальник Государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».
Официальные оппоненты:	**Байков Валентин Иванович,** доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси.
	Дударев Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры энергосбережения, гидравлики и теплотехники УО «Белорусский государственный технологический университет».
Оппонирующая организация:	Государственное учреждение образования «Белорусский национальный технический университет».

Защита состоится 23 июня 2017 г. в $14^{\underline{00}}$ на заседании совета по защите диссертаций К 11.01.01 при государственном учреждении образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» по адресу: 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25, аудитория АВ 102 (конференц-зал). Ученый секретарь: телефон +375 (17) 341-32-99, e-mail K11.01.01@ucp.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».

Автореферат разослан ___ мая 2017 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент В.А. Кудряшов

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение огнестойкости стальных конструкций является актуальной и важной задачей при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. На практике для конструкций нормируется предел огнестойкости, определяющий их область применения в зданиях. Предел огнестойкости незащищенных стальных конструкций в общем случае принимают равным 8…15 минутам. Более высокие значения предела огнестойкости достигаются с использованием огнезащиты, в том числе конструктивной, выполненной из гипсовых армированных стекловолокном плит на каркасе из тонкостенных профилей (далее – конструктивная огнезащита из огнестойких гипсовых плит).

Существующие расчетные и экспериментальные методы оценки огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит учитывают влияние смежных конструкций достаточно примитивно. Как правило, не учитывается, что конструктивная огнезащита является зависимой, т. к. направляющие профили огнестойких гипсовых плит крепятся непосредственно к смежным конструкциям, оценка температуры расчетных сечений определяется соотношением величин обогреваемого периметра в пределах и за пределами смежных конструкций. В случае большей огнестойкости примыкающей к стальной колонне смежной конструкции, к которой крепится конструктивная огнезащита (далее – смежная конструкция), обогревом через периметр в пределах примыкания смежной конструкции пренебрегают. В случае меньшей огнестойкости смежной конструкции, обогрев через периметр в пределах смежной конструкции принимают как незащищенный в течение всей длительности пожара. Такой подход приводит к искажению огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит и смежными конструкциями и/или к необоснованному удорожанию их строительства. Подходы, учитывающие возможное разрушение смежных конструкций в процессе огневого воздействия на конструктивную огнезащиту из огнестойких гипсовых плит до наступления предела огнестойкости стальной колонны не разработаны.

Настоящая работа посвящена решению указанной проблемы.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами. Исследования, составившие основу диссертационной работы, выполнялись в рамках следующих НИОКР:

– Задание «Провести теоретические исследования конструктивной огнезащиты стальных несущих элементов зданий с повышением пределов

огнестойкости перекрытий до 90 минут, каркасов до 120 минут, разработать рекомендации по расчету огнезащиты стальных конструкций», ГНТП «Строительные материалы и технологии», № госрегистрации 20083488.

– Задание «Исследование напряженно-деформированного состояния бетонных элементов конструкций, армированных стержнями из традиционных и композитных материалов, находящихся под действием неоднородных температурных полей и локальных внешних нагрузок», ГПНИ «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций», подпрограмма «Снижение рисков ЧС», № госрегистрации 20131236.

– «Огнестойкость конструкции покрытия на основе профилированных листов с трапециевидными гофрами, уложенных с пролетом между несущими элементами 6 метров», № госрегистрации 20163720.

Цель исследования – на основании результатов комплекса модельных и натурных огневых испытаний обеспечить пожарную безопасность зданий путем разработки методики оценки огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, учитывающей предел огнестойкости смежных конструкций при пожаре.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Провести модельные огневые испытания образцов стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, получить зависимости температуры образцов колонн от времени огневого воздействия. Определить зависимости эффективных значений коэффициента теплопроводности и объемной теплоемкости исследуемой конструктивной огнезащиты от температуры.

2. Разработать методику и провести натурные огневые испытания под нагрузкой экспериментального фрагмента стального каркаса здания (далее – экспериментальный фрагмент здания), с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит толщиной 15…50 мм и ограждающими конструкциями экспериментального фрагмента здания из ячеистых бетонных блоков четырех видов огнестойкости, получить зависимости температуры и перемещений стальных колонн в условиях, близких к стандартному пожару.

3. На основании результатов комплекса модельных и натурных огневых испытаний разработать общую и инженерную методику оценки пределов огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит с учетом пределов огнестойкости смежных конструкций.

Научная новизна:

Экспериментальным путем установлено, что наступление предела огнестойкости смежных конструкций приводит к более интенсивному прогреву стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит.

На основании решения математической модели передачи тепла методом элементарных тепловых балансов разработана методика определения изменения температуры в расчетных сечениях стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит при пожаре, учитывающая пределы огнестойкости смежных конструкций.

Положения, выносимые на защиту

1. Новые экспериментальные данные, включающие: зависимости температуры стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит толщиной 15…50 мм при двух- и трехстороннем обогреве и 4 видов огнестойкости смежных конструкций от времени огневого воздействия, – выражающиеся в ускорении прогрева стальных колонн после наступления предела огнестойкости смежных конструкций.

2. Общая методика расчета динамики температурных полей расчетных сечений стальных колонн с конструктивной огнезащитой в условиях нестационарного огневого воздействия, основанная на математической модели передачи тепла методом элементарных тепловых балансов, отличающаяся возможностью учета ускорения прогрева стальных колонн с конструктивной огнезащитой после наступления пределов огнестойкости смежных конструкций.

3. Инженерная методика оценки пределов огнестойкости стальных колонн с расчетными сечениями, соответствующими приведенной толщине металла от 4 до 21 мм, с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, учитывающая пределы огнестойкости смежных конструкций. Методика основана на математическом моделировании прогрева в условиях нестационарного двух- и трехстороннего огневого воздействия, а также пределов огнестойкости смежных конструкций до 90 минут, чем отличается от существующих методик.

Личный вклад соискателя ученной степени. Цель и задачи исследования сформулированы совместно с научным руководителем – канд. техн. наук, доцентом И.И. Полеводой.

Соискателем лично проведен анализ требований к огнестойкости строительных конструкций и проектированию конструктивной огнезащиты из огнестойких гипсовых плит. Проведен сравнительный анализ методов определения температуры стальных конструкций с огнезащитой при пожаре. Разработана методика натурных огневых испытаний экспериментального фрагмента здания с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит. Проведена статистическая обработка и анализ результатов экспериментальных исследований. Выявлены причины ускорения прогрева стальных колонн с конструктивной огнезащитой. Усовершенствована методика расчета прогрева стальных колонн с конструктивной огнезащитой методами учета пределов огнестойкости смежных конструкций.

Совместно с работниками ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь и ИООО «Кнауф Маркетинг» спроектирован и возведен экспериментальный фрагмент здания для проведения натурных огневых испытаний.

И.И. Полевода, А.Г. Иваницкий, В.А. Кудряшов, С.М. Пастухов, А.В. Ширко принимали участие в совместном обсуждении полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Соискатель выражает благодарность за консультационную помощь – А.Н. Камлюку, А.В. Ильюшонку, Н.М. Дмитраковичу, П.Н. Гоману, Н.И. Чайчицу, В.А. Осяеву, С.С. Ботяну, А.С. Дробышу, А.В. Тетерюкову, В.М. Проровскому, А.Е. Лупандину, Нгуен Тхань Киену.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» (Гомель, 2010 г.); VI Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (Минск, 2011 г.); Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций» (Минск, 2013 г.); VIII и X Международных научно-практических конференциях молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы» (Минск, 2014 г., 2016 г.); IV Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: Безопасность и защита» (Черкассы, 2014 г.).

Материалы диссертации использованы при разработке рекомендаций Р 5.04.074.10 «Расчет и проектирование огнезащиты стальных конструкций», а также внедрены в образовательный процесс государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» при преподавании дисциплины «Пожарная и промышленная безопасность».

Опубликование результатов диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в 12 печатных работах, в том числе: 5 статей, соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, общим объемом 4,3 авторских листа (из них без соавторов – 2 статьи), а также 7 статей в сборниках тезисов и материалов докладов (научных трудов) международных конференций. Получен 1 патент на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка литературы из 128 наименований, 4 приложений. Полный объем диссертации составляет 129 страниц, включая 66 рисунков и 6 таблиц на 36 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлен анализ исследований в области огнестойкости стальных конструкций. Рассмотрены способы их огнезащиты. Проанализированы современные экспериментальные, расчетные и расчетно-экспериментальные методы оценки огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой, а также способы определения ее теплофизических характеристик при нестационарном воздействии пожара.

В Республике Беларусь и за рубежом решением проблемы обеспечения огнестойкости стальных конструкций занимались такие исследователи как: В.П. Бушев, В.И. Голованов, А.Г. Иваницкий, В.А. Кудряшов, И.С. Молчадский, И.И. Полевода, В.М. Ройтман, М.Я. Ройтман, С.В. Цвиркун, А.И. Яковлев О. Петерсон, С. Магнуссон, Д. Тор и др.

Определение огнестойкости стальных конструкций, как правило, осуществляют путем оценки огнезащитной эффективности средств по металлу в ходе стандартных огневых испытаний. В качестве экспериментальных образцов принимают модели стальных колонн с заданной приведенной толщиной металла и толщиной огнезащиты. Испытания проводят при четырехстороннем огневом воздействии без нагрузки и вне смежных конструкций. Результаты испытаний позволяют определить теплофизические характеристики огнезащитных материалов. В дальнейшем прогрев стальных колонн с аналогичной огнезащитой производят расчетным путем.

Обзор литературных источников и технических нормативных правовых актов показал, что для оценки огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой и смежными конструкциями необходимо проведение комплекса модельных и натурных огневых испытаний, а также разработка методики определения динамики температурных полей расчетных сечений стальных колонн с конструктивной огнезащитой.

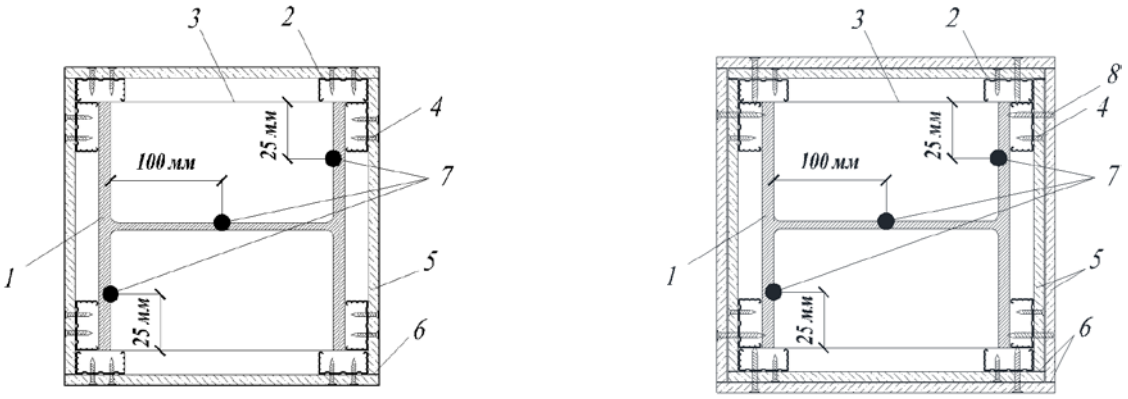
Во второй главе представлены методики экспериментальных исследований прогрева одиночных образцов стальных колонн (модельные огневые испытания) и колонн в составе каркаса экспериментального фрагмента здания с учетом работы смежных конструкций (натурные огневые испытания).

Цель комплекса модельных и натурных огневых испытаний – получение экспериментальных данных, необходимых для разработки методики оценки пределов огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, учитывающей пределы огнестойкости смежных конструкций и перемещения стальных колонн при пожаре.

В ходе модельных огневых испытаний определены эффективные значения теплофизических характеристик конструктивной огнезащиты из огнестойких гипсовых плит, в том числе ее способность оставаться целостной под воздействием

стандартного пожара в течение заданного промежутка времени. В ходе натурных огневых испытаний определено влияние пределов огнестойкости смежных конструкций и перемещений стальных колонн на динамику их прогрева.

Для модельных огневых испытаний изготовлены и испытаны три образца стальных колонн (рисунок 1).



а) б)

а) с одним листом (два варианта); б) с двумя листами (один вариант)

***1* – двутавр; *2* – оцинкованные профили ПП 27×60;**

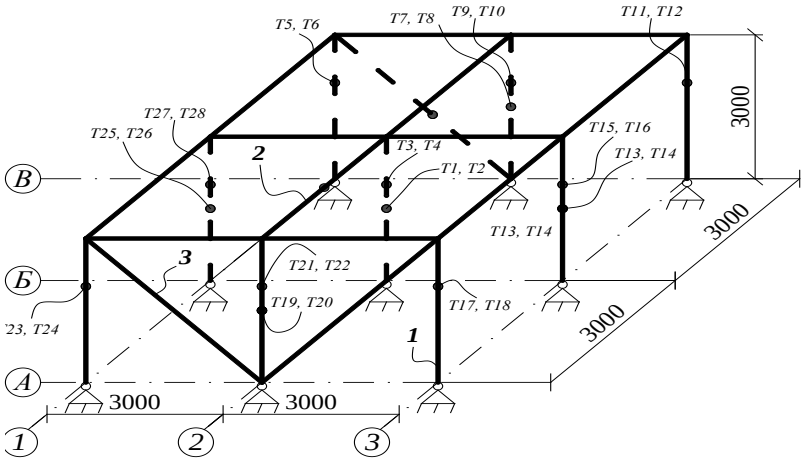
***3* – оцинкованные профили ППН 27×28; *4* – стальные саморезы TN 25;**

***5* – огнестойкие гипсовые плиты; *6* – шпатлевка; *7* – ТЭП; 8 – стальные саморезы TN 75**

Рисунок 1. – Схема конструктивной огнезащиты стальных колонн

Каждый образец представлял собой стальную колонну двутаврового сечения № 20 по ГОСТ 8239, высотой 1700 мм, облицованную с четырех сторон огнестойкими гипсовыми плитами толщиной 15, 25 и 50 мм. Испытания проводили без статической нагрузки, в условиях стандартного температурного режима по ГОСТ 30247.0 в огневой печи. В ходе проведения испытаний регистрировали изменение температуры внутри огневой камеры и на поверхности образцов стальных колонн. Общую оценку температуры образцов производили путем усреднения значения трех термопар, установленных в середине высоты образцов (рисунок 1). Испытания продолжали до момента достижения усредненной температуры 500 °С.

Для натурных огневых испытаний спроектирован и возведен экспериментальный фрагмент здания размерами в плане 6×6 м, высотой 3 м (рисунок 2). Для повышения огнестойкости стальных колонн применили конструктивную огнезащиту из огнестойких гипсовых плит. В качестве наружных ограждающих конструкций экспериментального фрагмента здания использовали ячеистобетонные стены с противопожарными облицовками 4 видов огнестойкости. Устойчивость ячеистобетонных стен обеспечивалась элементами жесткости из стальных двутавровых профилей (таблица 1).



1 – колонны (двутавр № 12);
2 – балки (швеллер № 6,5);
3 – раскосы (уголок № 4);
Т1-Т28 – термоэлектрические преобразователи

Рисунок 2. – Принципиальная схема экспериментального фрагмента здания с расстановкой термоэлектрических преобразователей

Таблица 1. – Параметры огнезащиты колонн и смежных конструкций

Расположение колонны, оси (рисунок 2)	Толщина огнезащиты, мм	№ образца	Расположение стен, оси	Толщина огнезащиты стен, мм
2, В	1 × 25	1	1-2, В	2 × 20
			2-3, В	1 × 20
2, А	1 × 25	2	1-2, А	1 × 20
			2-3, А	без огнезащиты
3, В	1 × 20	3	2-3, В; 3, Б-В	1 × 20
3, А	1 × 20	4	3, А-Б	1 × 20
			2-3, А	без огнезащиты
1, А	2 × 20	5	1, А-Б; 1-2, А	1 × 20

Внутри экспериментального фрагмента здания было предусмотрено 20 очагов пожарной нагрузки для создания стандартного температурного режима по ГОСТ 30247.0. В процессе проведения экспериментальных исследований регистрировали температуру и перемещения стальных колонн, температуру газовой среды пожара.

Температуру стальных колонн измеряли при помощи 4 ТЭП для конструкций, подверженных двухстороннему огневому воздействию, и 2 ТЭП для конструкций, подверженных трехстороннему огневому воздействию (рисунок 2). Измерение температуры внутри экспериментального фрагмента здания осуществляли при помощи 12 ТЭП, установленных по 4 шт. в каждой из трех плоскостей на отметках +0.5000, +1.500 и +2.500.

Перемещения стальных колонн определяли следующим образом: на высоте +2.000 перпендикулярно к колоннам посредством сварки крепили удлинители с геодезическими марками. Для фиксации перемещений геодезических марок поодаль периметра здания располагали 5 станций стояния с электронными

тахеометрами. Перемещения конструкций во время огневого воздействия определяли путем нахождения уравнения прямой в пространстве.

В третьей главе представлены результаты огневых испытаний.

Модельные огневые испытания. Разрушение конструктивной огнезащиты в течение заданного промежутка времени огневого воздействии не произошло. Установлено увеличение зазора в стыковых швах огнестойких гипсовых плит, обусловленное термической усадкой ввиду испарения химически связанной воды. Получены зависимости изменения температуры образцов от времени огневого воздействия. В диапазоне температур 90…100 °С зафиксировано замедление прогрева стальных колонн, что также связано с процессами дегидратации. В дальнейшем отмечена постоянная скорость прогрева, равная в среднем: для образцов, защищенных огнестойкими гипсовыми плитами толщиной 15 мм – 11 °С/мин; 25 мм – 10 °С/мин; 50 мм – 6 °С/мин. Время прогрева образцов до критической температуры, равной 500 °С, составляет 65,0±1,0, 94,0±1,0 и 188,0±1,0 мин при толщине огнестойких гипсовых плит 15, 25 и 50 мм, соответственно.

Натурные огневые испытания. В ходе натурных огневых испытаний зафиксированы локальные перемещения и разрушения смежных конструкций (ограждающих стен), вызванные неравномерным прогревом и изгибом под действием температурного изгибающего момента элементов жесткости, что было принято в качестве предела огнестойкости смежных конструкций.

Прогрев образцов стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит до момента достижения пределов огнестойкости смежных конструкций соответствовал данным, полученным в ходе модельных испытаний. После указанного момента зафиксировано увеличение скорости прогрева образцов по сравнению с модельными огневыми испытаниями. Ускорение прогрева обусловлено нарушением целостности мест сопряжения и крепления конструктивной огнезащиты к смежным конструкциям.

Результаты перемещений стальных колонн, полученные по данным удлинителей с геодезическими марками, показали, что направление перемещений сохранялось постоянным в течение рассматриваемой длительности огневых испытаний. Наибольшие значения перемещений стальных колонн были зафиксированы из плоскости крайних осей экспериментального фрагмента здания. При этом значение перемещений не превышало 200 мм, что было менее проектного зазора между стальными колоннами и смежными конструкциями. Таким образом, перемещение стальных колонн не оказывало воздействия как на смежные ячеистобетонные стены, так и на конструктивную огнезащиту. Огневые испытания были остановлены после обрушения части конструкций экспериментального фрагмента здания.

Анализ изменения температуры экспериментальных образцов стальных колонн позволил установить ускорение прогрева, вызванное наступлением пределов огнестойкости смежных конструкций. Установлено, что нарушение целостности защитного короба обусловлено не перемещениями стальных колонн под нагрузкой при нагреве, а перемещением смежных конструкций.

Четвертая глава. На основании проведенных экспериментальных и теоретических исследований разработана общая и инженерная методика оценки пределов огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит с учетом пределов огнестойкости смежных конструкций.

Общая методика расчета заключается в оценке температуры расчетных сечений стальных колонн с конструктивной огнезащитой путем решения задачи передачи тепла методом элементарных тепловых балансов (далее – МЭТБ). Изменение температуры элементарной ячейки происходит за счет изменения ее внутренней энергии, обусловленное входящими и исходящими тепловыми потоками (рисунок 3а). Температуру ячейки через интервал времени $\Delta\tau$ следует определять исходя из уравнения изменения ее внутренней энергии по формуле:

$$T_{mn}(\tau+\Delta\tau)=T_{mn}(\tau)+(\mathrm{Q}_1+\mathrm{Q}_2+\mathrm{Q}_3+\mathrm{Q}_4)/(V\cdot(\rho\cdot c_{(\tau)})), \quad (1)$$

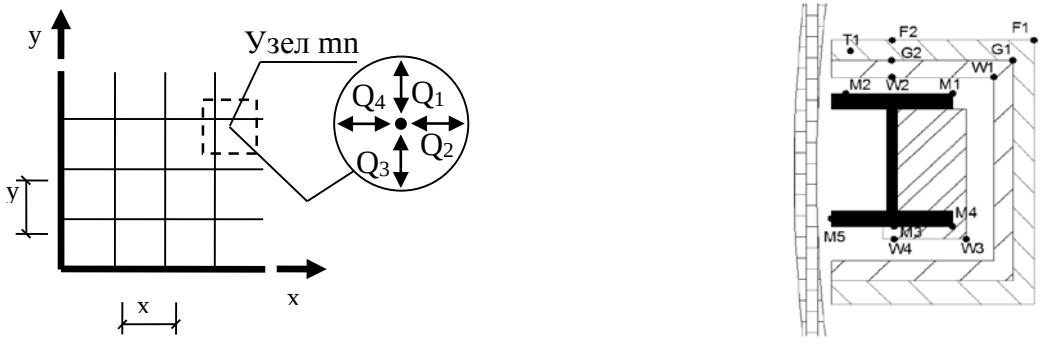
где $T_{mn}(\tau)$ – температура ячейки в момент времени τ, °С;

Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – количество тепла, аккумулируемого по каждой из осей рассматриваемой ячейки за промежуток времени Δ,τ, Дж;

V – объем элементарной ячейки, м^3;

$\rho\cdot c_{(\tau)}$ – удельная объемная теплоемкость материала, Дж · м$^{-3}$ ·°С$^{-1}$.

Для определения входящих и исходящих тепловых потоков расчетное сечение конструкции следует разбить на элементарные ячейки с размерами x×y. Узлы расчетной сетки должны располагаться на границах ячеек неоднородных материалов, а также на наружной поверхности каждого конструктивного элемента (рисунок 3б).



а) **б)**

Рисунок 3. – Расчетная схема прогрева конструкций и способ деления на элементарные ячейки (а) с возможными вариантами расчетных комбинаций (б)

Начальные условия: температура в расчетном сечении конструкции одинакова и равна температуре окружающей среды.

Граничные условия:

1. Изменение температуры греющей среды происходит по режиму стандартного пожара.

2. Коэффициент теплоотдачи α от нагревающей среды с температурой $T_f(\tau)$ к поверхности конструкции с температурой T_0 следует определять по формуле:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_r = \alpha_k + 5,67 \cdot \varepsilon \cdot \frac{\left(\frac{(T_f(\tau)+273)}{100}\right)^4 - \left(\frac{(T_{mn}(\tau)+273)}{100}\right)^4}{T_f(\tau) - T_{mn}(\tau)}, \qquad (2)$$

где $\alpha_k = 29$ Вт $\cdot$ м$^{-2}$ $\cdot$ °С$^{-1}$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией;

α_r – коэффициент теплоотдачи излучением, Вт $\cdot$ м$^{-2}$ $\cdot$ °С$^{-1}$;

ε – степень черноты системы.

3. При необходимости учета смежных конструкций, примыкающих к стальной колонне с конструктивной огнезащитой, граничные условия задачи следует уточнить в зависимости от их пределов огнестойкости. До момента наступления пределов огнестойкости смежных конструкций, периметр примыкания к стальной колонне следует принимать идеально теплоизолированным. После наступления пределов огнестойкости смежных конструкций следует изменить граничные условия обогрева периметра примыкания на граничные условия 3 рода. Следует учитывать, что обогрев происходит не по всей поверхности периметра примыкания к смежной конструкции, поэтому ее точное значение следует определять на основании испытаний.

На основании собственных экспериментальных данных модельных огневых испытаний и экспериментальных данных ВНИИПО МЧС России, для использования в общей методике расчета были определены эффективный значений коэффициента теплопроводности и объемной теплоёмкости конструктивной огнезащиты из огнестойких гипсовых плит при повышенных температурах. Теплофизические характеристики были определены на основе базовой модели расчета методом последовательных итераций до получения сходимости расчетных и экспериментальных данный прогрева опытных образцов не более 5%.

Ввиду наличия в огнестойких гипсовых плитах химически и физически связанной воды, процессы дегидратации в математической модели учтены эффективными значениями коэффициента теплопроводности и объемной теплоемкости. В результате чего указанные коэффициенты имеют сложную зависимость от температуры, а также от толщины огнестойких гипсовых плит (рисунок 4).

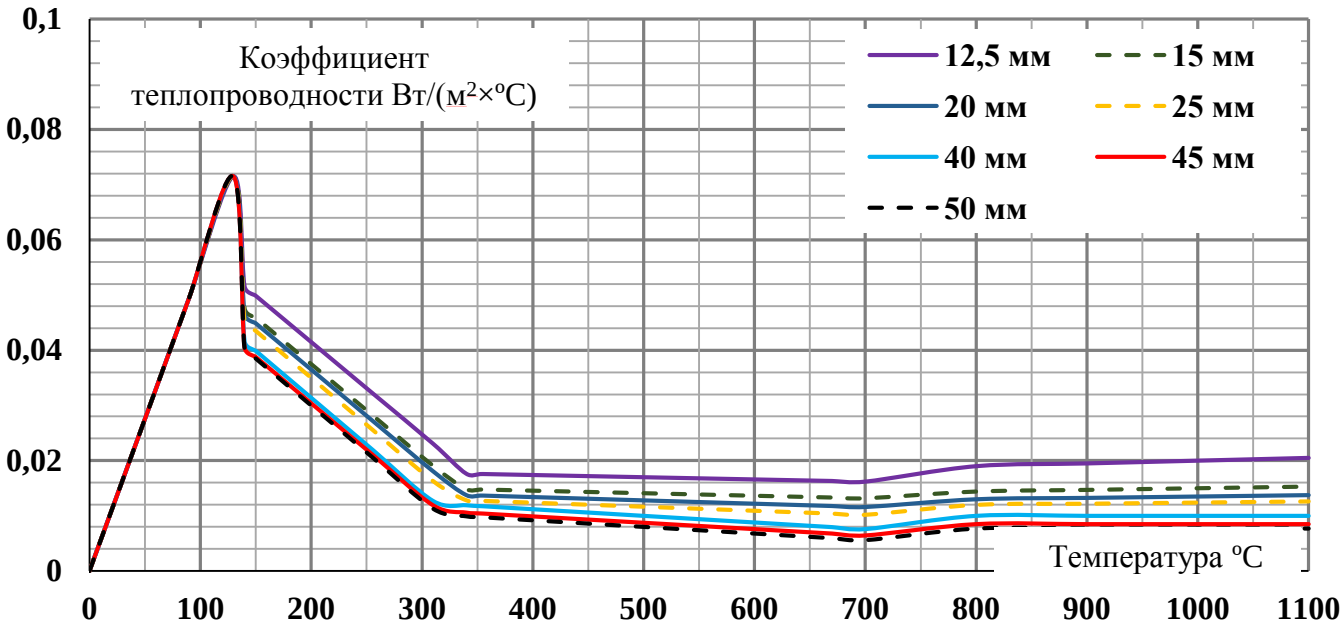


Рисунок 4. – Зависимость эффективных значений коэффициента теплопроводности от температуры и толщины огнестойких гипсовых плит

До температуры 140 °С эффективные значения коэффициента теплопроводности огнестойких гипсовых плит увеличиваются линейно до значения 0,072 Вт/(м^2×°С) ввиду активного испарения влаги, а также не зависят от толщины. В дальнейшем отмечается его резкое снижение и установление к 350 °С с незначительными колебаниями на уровне 0,006...0,021 Вт/(м^2×°С). При этом характерна устойчивая зависимость более высоких эффективных значений коэффициента теплопроводности с уменьшением толщины огнезащиты. Очевидно, указанная зависимость вызвана также процессами дегидратации с последующей термической усадкой (рисунок 4).

Объемная теплоемкость принята постоянной со значением 1,00 МДж/(м^3×°С), за исключением диапазона от 100 до 176 °С, где его значение принято в виде пика с максимальным значением 15,35 МДж/(м^3×°С). Указанный скачок также обусловлен необходимостью учета тепловых эффектов, сопровождающих дегидратацию в огнезащитном материале.

Сопоставление результатов расчета по предложенной методике и данных экспериментальных исследований прогрева до критической температуры (500 °С) стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит представлены на рисунке 5 и 6 для образцов, подверженных трехстороннему и двухстороннему воздействию пожара, соответственно.

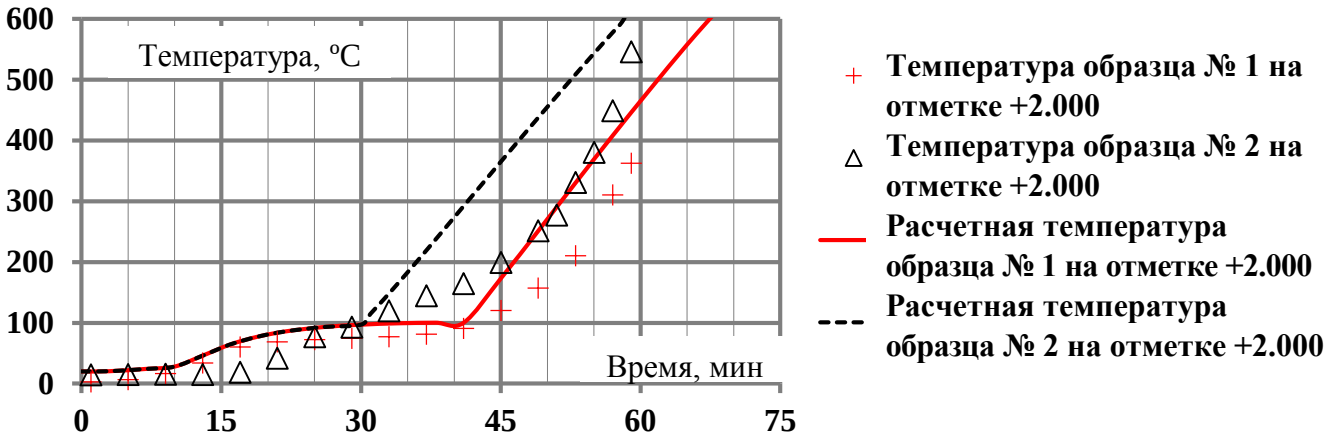


Рисунок 5. – Экспериментальные и расчетные значения температуры образцов подверженных трехстороннему огневому воздействию

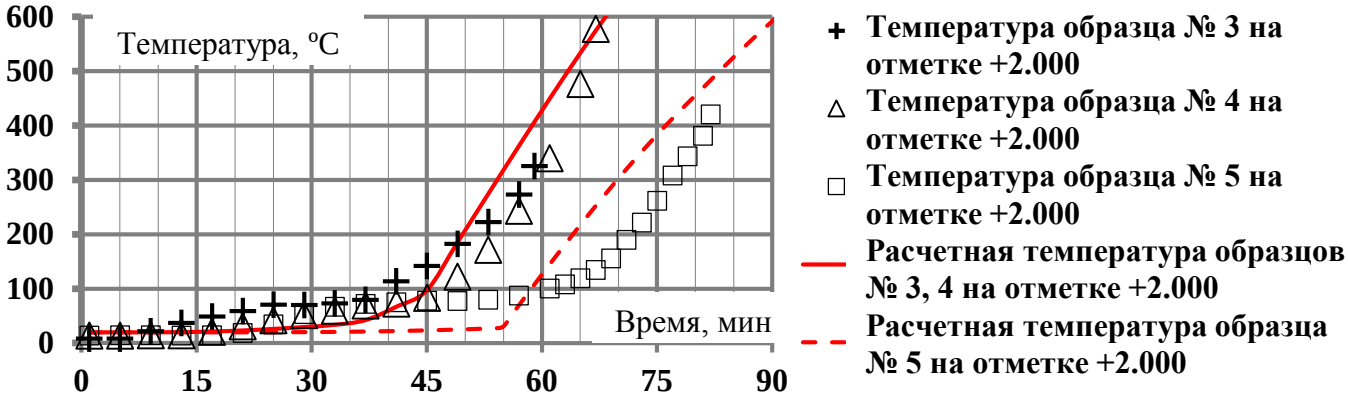


Рисунок 6. – Экспериментальные и расчетные значения температуры образцов подверженных двухстороннему огневому воздействию

Видно, что ускорение прогрева, вызванное достижением пределов огнестойкости смежных конструкций, достаточно хорошо описывается предложенной общей методикой с измененяемыми граничными условиями.

По представленной общей методике были проведены расчеты серии стальных колонн с приведенной толщиной метала от 4 до 21 мм с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит в следующей последовательности:

1. Определено время прогрева $\tau_{кр}$ до критической температуры (500 °С) стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит различной толщины при двух- и трехстороннем огневом воздействии без учета ускорения прогрева.

2. Определено время прогрева до критической температуры (500 °С) стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит различной толщины при двух- и трехстороннем огневом воздействии с учетом ускорения прогрева ввиду наступления пределов огнестойкости смежных конструкций в диапазоне 15...90 минут с шагом 15 минут.

3. Для всех принятых к расчету значений приведенной толщины металла и пределов огнестойкости смежных конструкций построены аналитические зависимости вида «Время прогрева до критической температуры – Предел

огнестойкости стальной колонны» для двух- и трехстороннего огневого воздействия (см. точечные зависимости на рисунках 7, 8).

Рисунок 7. – Предел огнестойкости с учетом ускорения прогрева при двухстороннем огневом воздействии

Рисунок 8. – Предел огнестойкости с учетом ускорения прогрева при трехстороннем огневом воздействии

Аппроксимация полученных точек по пределам огнестойкости смежных конструкций (см. линейные зависимости на рисунках 7, 8) показала, что с наименьшим среднеквадратическим отклонением наиболее удачно их позволяет описать логарифмическая зависимость (3).

$$y = A \times \ln(x) - B, \qquad (3)$$

где A, B – константы, зависящие от количества обогреваемых сторон и пределов огнестойкости смежных конструкций;

x – время прогрева стальной колонны до критической температуры (500 °С) без учета ускорения прогрева;

y – предел огнестойкости стальной колонны (критическая температура 500 °С), мин.

Таблица 2. – Значения констант для определения пределов огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит

Конс-	Пределы огнестойкости смежных конструкций R(EI)					
танты	15	30	45	60	75	90
A	30,924/53,593	30,801/53,459	29,997/52,473	27,936/52,031	31,055/56,318	32,912/60,992
B	92,677/179,53	86,276/174,9	74,02/164,24	54,863/155,08	59,476/168,81	58,229/184,68

Примечание – В числителе указаны значения констант для колонн, подверженных двухстороннему огневому воздействию, в знаменателе – трехстороннему.

Последовательность действий при определении пределов огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит инженерным методом:

1. Определить время прогрева стальной колонны с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит до критической температуры (500 °С).
2. Определить минимальный предел огнестойкости смежных конструкций.
3. В зависимости от количества обогреваемых при пожаре сторон колонны по номограммам на рисунках 7, 8 либо с применением уравнения (3) определить предел огнестойкости стальной колонны с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит.

В результате научной работы разработаны общая и инженерная методика оценки пределов огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой с учетом пределов огнестойкости смежных конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. На основании модельных огневых испытаний образцов стальных колонн с конструктивной огнезащитой из гипсовых армированных стекловолокном плит на каркасе из тонкостенных профилей установлено время прогрева образцов до критической температуры 500 °С: при толщине огнестойких гипсовых плит 15; 25 и 50 мм, – соответственно, 65,0±1,0, 94,0±1,0 и 188,0±1,0 мин. Получены зависимости температуры образцов от времени огневого воздействия. Выявлено увеличение зазора в стыковых швах огнестойких гипсовых плит в ходе проведения огневых испытаний. В результате математической обработки результатов модельных огневых испытаний определены эффективные зависимости коэффициента теплопроводности и объемной теплоемкости от температуры, в том числе от толщины конструктивной огнезащиты из огнестойких гипсовых плит при нестационарном воздействии стандартного пожара. Установленные зависимости обусловлены процессами дегидратации в огнезащитном материале при нагреве. Более высокие эффективные значения коэффициента теплопроводности для меньшей толщины огнезащиты обусловлены термической усадкой гипсовых плит,

приводящей к увеличению зазора в их стыковых швах и дополнительному проникновению тепловых потоков внутрь защищаемой конструкции [1, 6 – 8, 11].

2. Разработана методика натурных огневых испытаний под нагрузкой экспериментального фрагмента стального каркаса здания, защищенного огнестойкими гипсовыми плитами с ограждающими конструкциями из ячеистых бетонных стен 4 видов огнестойкости, основанная на стандартах по оценке огнестойкости и огнезащитной эффективности ГОСТ 30247.0, ГОСТ 30247.1 и СТБ 11.03.02. Натурные огневые испытания проведены для стального каркаса здания с размерами в осях 6,0×6,0 м и высотой 3,0 м. Получены новые экспериментальные данные зависимости температуры стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит различной толщины, количества обогреваемых сторон и пределов огнестойкости смежных конструкций. Установлено время прогрева стальных колонн: образца № 1 на высоте +2.000 – 59,0±1,0 мин до температуры 500 °С; образца № 2 на высоте +2.000 – 59,0±1,0 мин до температуры 363 °С; образца № 3 на высоте +2.000 – 59,0±1,0 мин до температуры 325 °С; образца № 4 на высоте +2.000 – 66,0±1,0 мин до температуры 500 °С; образца № 5 на высоте +2.000 – 76,0±1,0 мин до температуры 287 °С. Экспериментальные данные позволили оценить влияние пределов огнестойкости смежных конструкций, к которой примыкает и крепится конструктивная огнезащита стальной колоны, на огнестойкость стальных колонн [2 – 5, 9, 12].

3. Установлено, что достижение пределов огнестойкости смежных конструкций, к которым примыкает и крепится конструктивная огнезащита, приводит к ускорению прогрева стальных колонн. Это обусловлено частичным нарушением целостности конструктивной огнезащиты, что в свою очередь приводит к дополнительному обогреву и более интенсивному прогреву периметра примыкания защищаемой конструкции [2 – 5, 9, 12].

4. Разработана методика расчета динамики температурных полей расчетных сечений стальных колонн с конструктивной огнезащитой в условиях нестационарного огневого воздействия, основанная на математической модели передачи тепла методом элементарных тепловых балансов, учитывающая пределы огнестойкости смежных конструкций, к которым примыкает и крепится конструктивная огнезащита стальных колонн, а также количество обогреваемых сторон колонн при пожаре [1, 3, 5, 6 – 8, 10, 11].

5. С использованием разработанной методики, основанной на методе элементарных тепловых балансов, проведены расчеты стандартных двутавровых профилей с приведенной толщиной метала от 4 до 21 мм при двух- и трехстороннем огневом воздействии, с различной толщиной конструктивной огнезащиты из огнестойких гипсовых плит и пределами огнестойкости смежных конструкций 90 минут и менее. Результаты расчетов преобразованы в инженерную методику,

позволяющую определять пределы огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит с учетом пределов огнестойкости смежных конструкций с использованием построенных номограмм либо уравнения аппроксимации [3, 5, 9, 10].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Разработанная методика экспериментальных исследований огнестойкости стальных каркасов с конструктивной огнезащитой может быть использована для усовершенствования методики проведения испытаний по определению огнезащитной эффективности средства по металлу.

2. Полученные экспериментальные данные температуры стальных колонн с конструктивной огнезащитой, подверженных двух-, трех- и четырехстороннему огневому воздействию, могут быть применены для корректировки методики оценки огнезащитной эффективности средства по металлу по СТБ 11.03.02.

3. Полученные результаты могут быть использованы в проектных и научных организациях Республики Беларусь при обосновании необходимых параметров конструктивной огнезащиты стальных колонн.

4. Результаты исследований могут быть использованы в учреждениях образования. Материалы диссертации внедрены в образовательный процесс государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» при преподавании дисциплины «Пожарная и промышленная безопасность».

5. Методика определения динамики прогрева стальных колонн с конструктивной огнезащитой применена при разработке нормативно-правового акта Р 5.04.074.10 «Расчет и проектирование огнезащиты стальных конструкций».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Статьи в научно-технических журналах

1. Полевода, И. И. Моделирование огнестойкости стальных элементов с конструктивной огнезащитой / И. И. Полевода, А. Г. Иваницкий, С. М. Жамойдик // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2010. – № 2. – С. 39–46.

2. Полевода, И. И. Экспериментальные исследования огнестойкости стальных каркасных конструкций с конструктивной огнезащитой / И.И. Полевода, В. А. Кудряшов, С. М. Жамойдик // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 1. – С. 13–27.

3. Жамойдик, С. М. Методика определения предела огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой с учетом ускорения их прогрева от возможно разрушения ограждающих конструкций / С. М. Жамойдик // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2016. – № 1. – С. 99-112.

4. Кудряшов, В. А. Огневые испытания натурного фрагмента стального каркаса здания с конструктивной огнезащитой и ограждением из ячеистых стеновых блоков / В. А. Кудряшов, С. М. Жамойдик, А. Е. Лупандин, Нгуен Тхань Киен, С. С. Ботян, А. С. Дробыш // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2016. – № 1. – С. 113-131.

5. Жамойдик, С. М. Методология оценки огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой, расположенных по периметру помещения С. М. Жамойдик // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 1. – С. 39–51.

Статьи в сборниках научных трудов, материалов конференций

6. Полевода, И. И. Определение фактического предела огнестойкости стальных конструкций с конструктивной огнезащитой / И. И. Полевода, А. Г. Иваницкий, С. М. Жамойдик // Актуальные проблемы безопасности в Российской Федерации : материалы IV Всероссийской науч. практ. конф., посвящ. 20-летию образования МЧС России, Екатеринбург, 15 апреля 2010 г. в 2 ч. / УрИ ГПС МЧС России; редкол. : М. П. Миронов [и др.]. – Екатеринбург, 2010. – Ч. 2. – С. 93 – 94.

7. Полевода, И. И. Программное средство для расчета динамики прогрева стальных строительных конструкций с конструктивной огнезащитой / И. И. Полевода, А. Г. Иваницкий, С. М. Жамойдик, В. М. Проровский // Пожарная безопасность: Проблемы и перспективы : материалы междунар. науч. практ. конф. – Воронеж, 22 сентября 2010 г. в 2 ч. / ВИ ГПС МЧС России; редкол. : Ю.З. Иншаков [и др.]. – Воронеж, 2010. – Ч. 1. – С. 207 – 210.

8. Полевода, И. И. Проблемы определения пределов огнестойкости стальных строительных конструкций с конструктивной огнезащитой /

И. И. Полевода, А. Г. Иваницкий, С. М. Жамойдик // Чрезвычайные ситуации: Предупреждение и ликвидация : сборник тезисов докладов VI междунар. науч.-практич. конф. – Минск, 8-9 июня, 2011 г. в 2 т. / Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь; редкол. : А. Ю. Лупей [и др.]. – Минск., 2011. – Т. 2 – С. 148 – 150.

9. Полевода, И. И. Методика проведения натурных огневых испытаний стальных каркасов с конструктивной огнезащитой. / И. И. Полевода, С. М. Жамойдик // Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций : сборник тезисов докладов междунар. науч.-практич. конф., Минск, 26–27 сентября, 2013 г. / Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь; редкол. : И. И. Полевода [и др.]. – Минск, 2013. – С. 159.

10. Жамойдик, С. М. Подходы к определению пределов огнестойкости металлоконструкций с конструктивной огнезащитой. / С. М. Жамойдик // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций : сборник материалов междунар. конф. молодых ученных. – Минск, 27 ноября, 2013 г. / Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь редкол. : Ю. С. Иванов [и др.]. – Минск, 2013. – С. 55.

11. Жамойдик, С. М. Экспериментальные исследования огнестойкости стальных каркасных конструкций с конструктивной огнезащитой / С. М. Жамойдик, И. И. Полевода // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сборник материалов X международной научно-практической молодых ученных курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктуры (аспирантов), Минск, 7-8 апреля 2016 г. / Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь; редкол. : И. И. Полевода [и др.]. – Минск, 2016. – С. 36.

12. Полевода, И. И. Определение огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой с учетом ускорения их прогрева вызванное разрушением ограждающих конструкций // И. И. Полевода, С. М. Жамойдик, В. М. Проровский / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы сборник материалов международной заочной научно-практической конференции, Светлая Роща, 28 апреля 2016 г. / Институт переподготовки и повышения квалификации ; редкол. : В. В. Сигневич [и др.]. – Светлая Роща, 2016. – С. 93 – 97.

Патент

13. Стенд для испытаний строительных конструкций на огнестойкости: патент 10911 Республики Беларусь на полезную модель, МПК G01N 25/100, G01N25/24 / И. И. Полевода, В. А. Кудряшов, В. Е. Бабич, С. М. Пастухов, С. М. Жамойдик, Нгуен Т. К.; заявитель Ком.-инж. ин-т. – № 10911 2015.01.05; заявл. 10.06.2015; опубл. 28.02.2016 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности. – 2016. –№ 1 – С. 175

РЕЗЮМЕ

Жамойдик Сергей Михайлович

Огнестойкость стальных колонн с конструктивной огнезащитой

Ключевые слова: огнестойкость, стальная колонна, конструктивная огнезащита, огнестойкие гипсовые плиты, критическая температура, смежная конструкция, инженерная методика.

Цель исследования – на основании результатов комплекса модельных и натурных огневых испытаний обеспечить пожарную безопасность зданий путем разработки методики оценки огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, учитывающей предел огнестойкости смежных конструкций при пожаре.

Методы исследования и аппаратура. Общая методология работы предусматривала сочетание теоретических, стандартных модельных и натурных огневых испытаний для определения динамики прогрева образцов стальных колонн, а также стальных колонн с конструктивной огнезащитой примыкающих к смежным конструкциям. Для измерения температуры стальных колонн и газовой среды использовали: термоэлектрические преобразователи ТХА и ТХК исполнения № 51 и класса точности 2; измерители-регуляторы «Сосна 002», «Сосна 004»; секундомер интеграл С-01; видеокамеры; фотокамеры. Для обработки результатов измерений применяли статистические методы с использованием персонального компьютера.

Полученные результаты и их новизна. Получены данные по динамике прогрева образцов стальных колонн, а также стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, примыкающих к смежным конструкциям. Экспериментальным путем установлено, что наступление пределов огнестойкости смежных конструкций приводит к более интенсивному прогреву стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит. На основании решения математической модели передачи тепла методом элементарных тепловых балансов разработана методика определения динамики температурных полей расчетных сечений стальных колонн с конструктивной огнезащитой в условиях нестационарного огневого воздействия, учитывающая пределы огнестойкости смежных конструкций.

Рекомендации по использованию. Результаты исследований могут быть использованы проектными организациями при определении необходимых параметров конструктивной огнезащиты стальных колонн, а также органами и подразделениями МЧС при проверке проектной документации и осуществлении экспертной деятельности.

Область применения. Проектно-конструкторские организации, органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям, высшие учебные заведения.

РЭЗЮМЭ

Жамойдзік Сяргей Міхайлавіч

Вогнеўстойлівасць сталёвых калон з канструктыўнай вогнеаховай

Ключавыя словы: вогнеўстойлівасць, сталёвая калона, канструктыўная вогнеахова, вогнеўстойлівыя гіпсавыя пліты, крытычная тэмпература, сумежная канструкцыя, інжынерная методыка.

Мэта даследавання – на падставе вынікаў комплексу мадэльных і натурных агнявых выпрабаванняў забяспечыць пажарную бяспеку будынкаў шляхам распрацоўкі методыкі ацэнкі вогнеўстойлівасці сталёвых калон з канструктыўнай вогнеаховай з вогнеўстойлівых гіпсавых пліт, якая ўлічвае мяжу вогнеўстойлівасці сумежных канструкцый пры пажары.

Метады даследвання і **апаратура.** Агульная метадалогія працы прадугледжвала спалучэнне тэарэтычных, стандартызаваных мадэльных і натурных агнявых выпрабаванняў для вызначэння дынамікі прагрэву узораў сталёвых калон, а таксама сталёвых калон з канструктыўнай вогнеаховай прымыкаючых да сумежных канструкцый. Для вымярэння тэмпературы сталёвых калон і газавага асяроддзя выкарыстоўвалі: тэрмаэлектрычныя пераўтваральнікі ТХА і ТХК выканання № 51 і класа дакладнасці 2; вымяральнікі-рэгулятары «Сосна 002», «Сасна 004»; секундамер інтэграл С-01; відэакамеры; фотакамеры. Для апрацоўкі вынікаў вымярэнняў ўжываліся статыстычныя метады з выкарыстаннем персанальнага кампутара.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Атрыманы данныя па дынаміцы прагрэву узораў сталёвых калон, а таксама сталёвых калон з канструктыўнай вогнеаховай з вогнеўстойлівых гіпсавых пліт, якія прымыкаюць да сумежных канструкцый. Эксперыментальным шляхам ўстаноўлена, што наступ мяжаў вогнеўстойлівасці сумежных канструкцый прыводзіць да больш інтэнсіўнага прагрэву сталёвых калон з канструктыўнай вогнеаховай з вогнеўстойлівых гіпсавых пліт. На падставе рашэння матэматычнай мадэлі перадачы цяпла метадам элементарных цеплавых балансаў распрацавана методыка вызначэння дынамікі тэмпературных палёў разліковых перасекаў сталёвых калон з канструктыўнай вогнеаховай ва ўмовах нестацыянарнага агнявога ўздзеяння, якая ўлічвае межы вогнеўстойлівасці сумежных канструкцый.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Вынікі даследаванняў могуць быць выкарыстаны праектнымі арганізацыямі пры вызначэнні неабходных параметраў канструктыўнай вогнеаховы сталёвых калон, а таксама органамі і падраздзяленнямі МНС пры праверцы праектнай дакументацыі і ажыццяўленні экспертнай дзейнасці.

Вобласць прымянення. Праектна-канструктарскія арганізацыі, органы і падраздзяленні па надзвычайных сітуацыях, вышэйшыя навучальныя ўстановы.

SUMMARY

Siarhei Zhamoidzik

Fire resistance of the steel columns with structural fire protection

Keywords: fire resistance, steel column, structural fire protection, fireproof gypsum boards, critical temperature, adjacent structure, engineering technique.

The aim of the research: On the basis of the results of the complex model and full-scale fire tests to provide fire safety of buildings by developing a methodology for evaluating the fire resistance of steel columns with structural fire protection from fireproof gypsum boards that takes into account the fire resistance of adjacent structures in a fire.

The methods of the research and equipment. The general methodology of the research included a combination of theoretical, standardized model and full-scale fire tests to determine the dynamics of warming up samples of steel columns, as well as steel columns with structural fire protection, that adjoin to the conterminal structures. To measure the temperature of the steel columns and the gaseous medium, in particular: thermoelectric converters TXA and TXK of version № 51 and accuracy class 2; measuring instruments-regulators "Сосна 002", "Сосна 004"; stopwatch integral C-01; video cameras; cameras. The statistical methods were used using a personal computer to process the measurement results.

The results obtained and their novelty. Data on the dynamics of warming up samples of steel columns, as well as steel columns with the structural fire protection from the fireproof gypsum boards, which adjoin to the conterminal structures are obtained. It has been established experimentally that the onset of the fire resistance limit of adjacent structures leads to more intensive heating of steel columns with the structural fire protection from the fireproof gypsum boards. Based on the solution of the mathematical model of heat transfer by the method of the elementary thermal balances, a method was developed for calculating the dynamics of the temperature fields in the calculated sections of the steel columns with structural fire protection in conditions of non-stationary fire action, taking into account the fire resistance limits of adjacent structures.

The practical importance of the research and the sphere of application. The results of the research can be used by design organizations in determining the necessary parameters of the structural fire protection of the steel columns, as well as by the divisions of the Ministry for Emergency Situations when checking design documentation and carrying out expert activities.

Field of application. Design and engineering organizations, the divisions of the Ministry for Emergency Situations, higher educational establishments.

Научное издание

Жамойдик Сергей Михайлович

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН С КОНСТРУКТИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТОЙ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность
(строительство)

Подписано в печать18.05.2017.
Формат 60х84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,34. Уч.-изд. л. 1,79.
Тираж 60. Заказ 062-2017.

Полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/259 от 14.10.2016.
ул. Машиностроителей, 25, 220118, Минск.