

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Академия Государственной противопожарной службы

На правах рукописи



Фадеев Виктор Евгеньевич

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА ПОСРЕДСТВОМ
ПРИМЕНЕНИЯ ЭКРАННЫХ СТЕН В ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛАХ**

Специальность 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность»
(Технические науки, отрасль – строительство)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор Татьяна Юрьевна Еремина

Москва – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
 ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВОПРОСОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА В ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛАХ ...	 14
1.1 Противопожарное состояние пассажирских терминалов	14
1.2 Некоторые нормативные положения обеспечения пожарной безопасности пассажирских терминалов.....	19
1.3 Международный опыт применения экранных стен для предотвращения распространения пожаров	24
1.4 Отечественные научные исследования по изучению методов предотвращения распространения опасных факторов пожара.....	36
1.5 Выводы по главе 1	40
 ГЛАВА 2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	 42
2.1 Выбор методов исследования	42
2.1.1 Экспериментальный метод определения влияния теплового потока.....	42
2.1.2 Экспериментальный метод испытания на огнестойкость	46
2.1.3 Математический метод исследования предела огнестойкости экранных стен	48
2.2 Выводы по главе 2.....	51
 ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКРАННЫХ СТЕН.....	 53
3.1 Исследование температурного режима и критических величин падающего теплового потока при применении экранных стен.....	53
3.2 Исследование основных пожарно-технических характеристик экранных стен и закономерностей их поведения в условиях огневого воздействия.....	55
3.3 Математическое моделирование функциональной зависимости предела огнестойкости от конструктивного решения экранной стены	60

3.3.1 Исследование закономерностей теплофизических характеристик от конструктивного решения экранной стены	60
3.3.2. Программная модель конструкции экрана	62
3.3.3 Расчет огнестойкости конструкции экрана с различными геометрическими параметрами	64
3.4 Математическая модель определения фактического предела огнестойкости экранных стен различной конструкции	68
3.4.1 Пределы огнестойкости экранных панелей	68
3.4.2 Регрессионный анализ полученной зависимости	70
3.5 Выводы по главе 3	78

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКРАННЫХ СТЕН

80

4.1 Разработка методологических основ, предусматривающих использование экранных стен как одного из способов предотвращения (ограничения) распространения пожара	80
4.1.1 Обоснование области применения экранных стен с учетом имеющихся технических характеристик и существующих нормативных требований	80
4.1.2 Разработка предложений по установлению нормативных требований к устройству и применению экранных стен, их адаптация к действующим нормативным документам в области пожарной безопасности	85
4.2 Выводы по главе 4	90

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

94

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

96

Приложение А Акты внедрения	110
Приложение Б Проект межгосударственного стандарта «Расширенное применение результатов испытания на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 6. Экранные стены»	116
Приложение В Расчетное подтверждение эффективности применения экранных стен на примере аэровокзального комплекса в г. Симферополе	135

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время в России активно осуществляется строительство, модернизация, реконструкция пассажирских терминалов.

Проектируемые и строящиеся терминалы в наиболее крупных городах Российской Федерации (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Пермь, Самара и др.) являются, по своей сути, уникальными объектами как по принимаемым техническим решениям, предусматривающим совмещение в едином объеме помещений различных классов функциональной пожарной опасности с разнородным пребывающим контингентом и различными технологическими связями), так и по их государственной и социальной значимости, для проектирования которых отсутствуют единые типовые требования.



Рисунок 1.1 – Проект аэропорта в Ростове-на-Дону

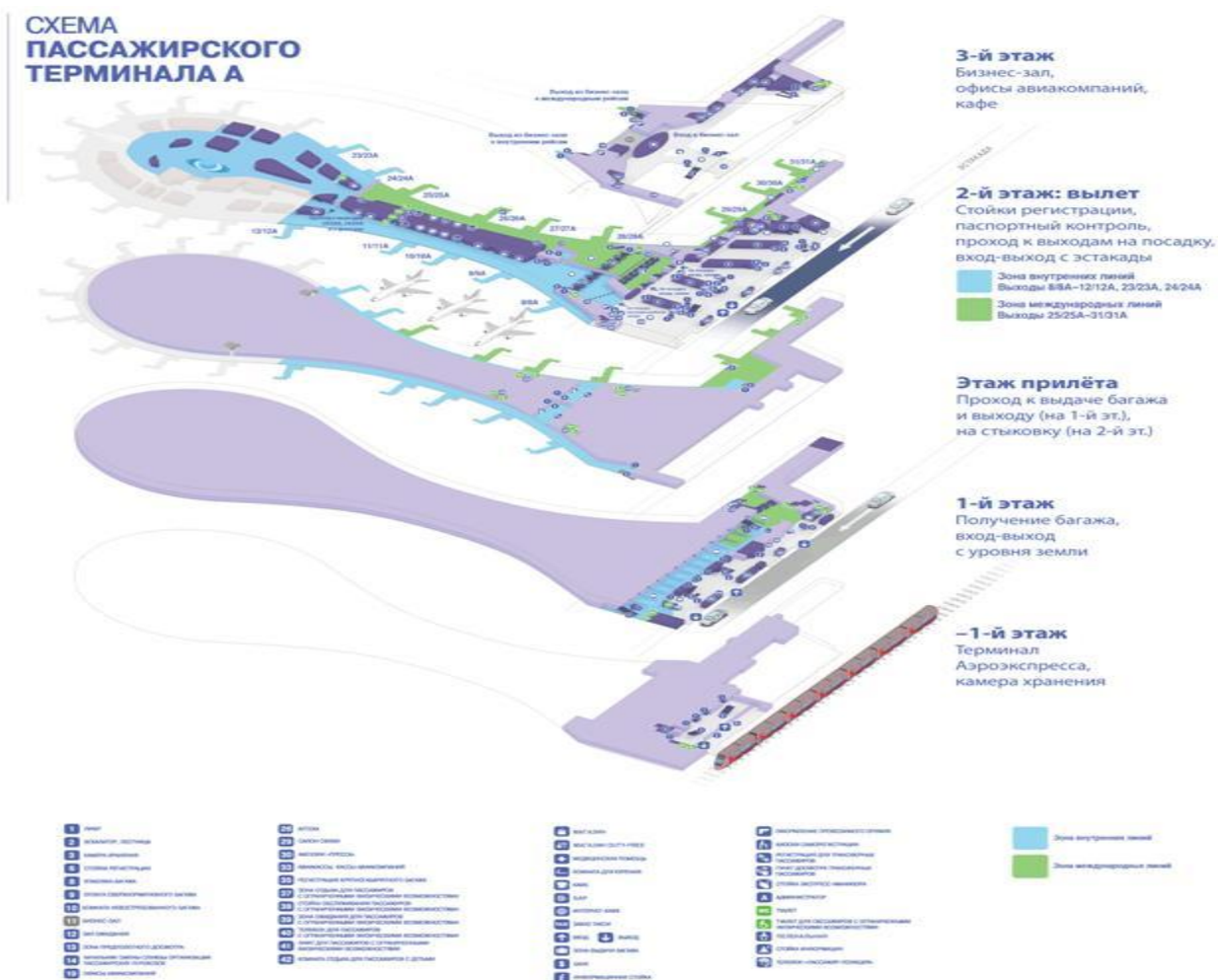


Рисунок 1.2 – Схема аэропорта Внуково

Пожары, происходящие на таких объектах, как в России, так и за рубежом часто сопровождаются массовой гибелью, групповым травмированием людей, а также значительным материальным ущербом, поскольку пассажирские терминалы являются, по сути, многофункциональными объектами с массовым пребыванием людей.



Рисунок 1.3 – Пожар в аэропорту «Черемшанка» под г. Красноярском

Подобное положение дел приводит к необходимости детальной оценки уровня пожарной безопасности зданий, а также принятию неукоснительных мер, направленных на безусловное обеспечение безопасности находящихся на них людей.



Рисунок 1.4 – Пожар в аэропорту «Киншас» Республики Конго

Актуальность данной темы очевидна: строительство новых пассажирских терминалов с массовым пребыванием людей, в составе которых находятся помещения разных классов функциональной пожарной опасности, требует разработки и внедрения новых технических решений, направленных на обеспечение безопасности людей, а также предотвращение распространения опасных факторов пожара.

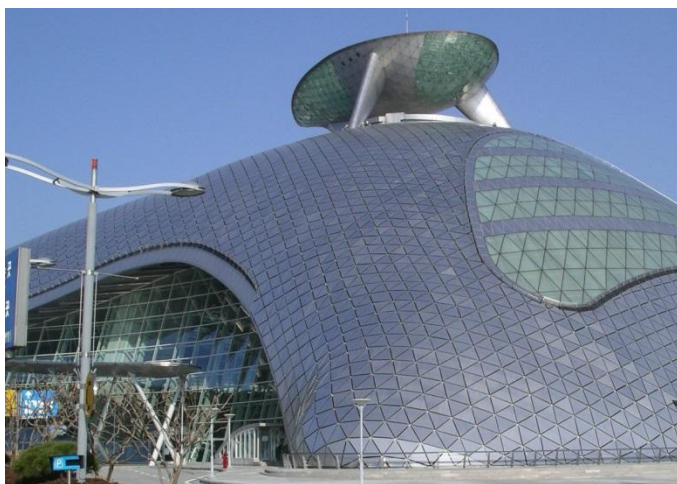


Рисунок 1.5 – Аэропорт в г. Сеуле

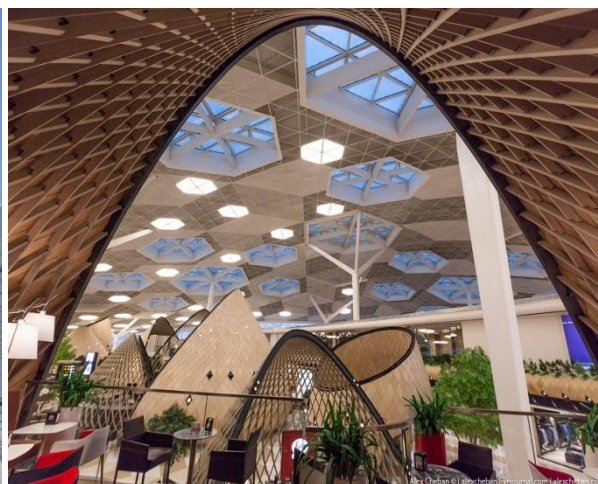


Рисунок 1.6 – Аэропорт в г. Баку

Однако следует отметить, что до последнего времени требования к проектированию терминалов устанавливались в соответствии с их функциональной пожарной опасностью и в целом не учитывали характерных особенностей данных технически сложных объектов.



Рисунок 1.7 – Схема аэропорта в г. Алматы Республики Казахстан

В соответствии с действующими нормативными положениями для предотвращения распространения опасных факторов пожара в терминалах допускается вместо противопожарных стен традиционное (классическое) устройство водяных дренчерных завес в две нити.

Вместе с тем, в настоящее время в международной практике существуют иные технические решения, касающиеся устройства и применения противопожарных преград, апробированные при проектировании и строительстве объектов защиты различных классов функциональной пожарной опасности, не имеющие аналогов на территории Российской Федерации.

Так, за рубежом для предотвращения распространения опасных факторов пожара допускается применение экранных конструкций (стен). Подобное новое техническое решение способно разрешить многие проблемы, связанные не только с зонированием многофункциональных объектов транспортной инфраструктуры, в т. ч. пассажирских терминалов, но и обеспечением технологических связей, а также предотвращением распространения пожара. Реализация подобных решений позволит значительно снизить материальные затраты на строительство подобных

объектов и монтаж отдельных инженерных элементов, а также обеспечит минимизацию возможного ущерба в случае возникновения пожара. Кроме того, экранные стены не препятствуют свободному перемещению и эвакуации людей.

В данной связи совершенствование нормативных положений для повышения уровня пожарной безопасности пассажирских терминалов приобретает еще большую актуальность и значимость.

Степень разработанности темы исследования. Существует большое количество исследований по изучению закономерностей динамики развития пожаров [8–10], а также выбору научно-обоснованных технических решений, направленных на предотвращение распространения опасных факторов пожара, но вопросы обеспечения пожарной безопасности пассажирских терминалов с учетом их специфических особенностей ранее в научных работах не рассматривались, а изучались только отдельные вопросы обеспечения безопасности.

Так, работы И.Р. Хасанова [95, 106] посвящены в основном исследованию огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций, А.В. Пехотикова [10] – огнестойкости изгибаемых стальных конструкций, А.Н. Гилетича [77] – методам определения тепловых воздействий на строительные конструкции при пожаре. А.В. Гомозов [9] изучал граничные условия теплообмена для расчета огнестойкости плоских горизонтальных строительных конструкций в условиях пожара, В.И. Голованов [8, 107] внедрял прогнозирование огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой.

Особенно актуальным для пассажирских терминалов является разработка научно-обоснованных технических решений для предотвращения распространения опасных факторов пожара и расчетных методов, учитывающих закономерности динамики развития пожаров.

Цель работы – исследование пожарной опасности пассажирских терминалов и обеспечения предотвращения распространения пожара посредством применения экранных стен.

Для достижения этой цели в работе поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать противопожарное состояние наиболее крупных

пассажирских терминалов в Российской Федерации для разработки методик, направленных на снижение пожарной опасности.

2. Разработать адаптированные и апробированные модели экспериментальной оценки огнестойкости экранных стен, а также математическую модель функциональной зависимости пределов огнестойкости от параметров экранных стен.

3. Определить пожарно-технические параметры материалов для заполнения и предлагаемую конструкцию экранной стены с учетом высокотемпературного воздействия.

4. Исследовать закономерности процессов распространения опасных факторов пожара при применении экранных стен и установить функциональную зависимость их пожарно-технических характеристик от высокотемпературного воздействия.

5. Разработать предложения по установлению параметров экранных стен, а также рекомендации по применению экранных стен в пассажирских терминалах, обеспечивающих предотвращение распространения пожара.

Объект исследования – параметры экранных стен при высокотемпературном воздействии.

Предмет исследования – обеспечение предотвращения распространения опасных факторов пожара в пассажирских терминалах за счет применения экранных стен.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Определены новые закономерности поведения конструктивных элементов экранных стен в условиях высокотемпературного воздействия.

2. Установлены научные подходы к определению технических параметров экранных стен, обеспечивших предотвращение распространения пожара.

3. Впервые предложены расчетно-экспериментальные методы определения предела огнестойкости экранных стен и установлена функциональная зависимость их фактического предела огнестойкости в зависимости от толщины внешней обшивки, а также геометрических параметров экрана от требуемого

предела огнестойкости.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- разработаны технические решения по конструкции и материалам заполнения экранных стен;
- установлена функциональная зависимость пожарно-технических характеристик экранных стен от высокотемпературного воздействия;
- подготовлены предложения по внесению изменений в Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», межгосударственные стандарты, национальные стандарты и своды правил в части применения экранных стен.

Результаты работы позволяют разрабатывать эффективные противопожарные мероприятия, направленные на предотвращение распространения опасных факторов пожара в зданиях общественного назначения с массовым пребыванием людей.

Методология и методы исследования. Основу теоретических исследований составляли методы математического моделирования и физического подобия, физический эксперимент, теория ошибок, сравнение, описание. Результаты численных расчетов подтверждены результатами экспериментальных исследований.

Численное моделирование прогрева рассматриваемых строительных конструкций в условиях пожара производилось при помощи вычислительного комплекса Ansys Mechanical, позволяющего провести теплотехнический расчет конструкции на основе ее программной модели.

При этом, основу экспериментальных исследований составляли: классическая теория тепломассообмена при пожаре; адаптированные методики определения теплового излучения; испытания на огнестойкость, основанные как на предполагаемой области применения экранных стен, так и на разработанной конструктивной схеме и ожидаемых пожарно-технических характеристиках.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве в изданиях, рекомендованных ВАК, все результаты, составляющие научную

новизну и выносимые на защиту, получены автором лично.

Положения, выносимые на защиту:

- адаптированные и апробированные модели экспериментальной оценки огнестойкости экранных стен, а также математическая модель ее функциональной зависимости;
- результаты исследований пожарно-технических характеристик материалов для заполнения и предлагаемой конструкции экранной стены;
- результаты функциональной зависимости, позволяющей определять фактический предел огнестойкости в зависимости от толщины внешней обшивки, а также геометрические параметры экрана – от требуемого предела огнестойкости;
- предложения по установлению параметров экранных стен, а также рекомендации по применению экранных стен в пассажирских терминалах, обеспечивающих предотвращение распространения пожара.

Основные результаты работы отражены в опубликованных статьях, докладах на международных практических конференциях. По теме работы опубликовано 19 научных статей, из них 11 – размещены в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК для публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Практическая значимость работы подтверждена использованием результатов исследования при разработке:

- Федерального закона от 29 июля 2017 г. № 244-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- проекта межгосударственного стандарта ГОСТ EN 15254-6 «Расширенное применение результатов испытания на огнестойкость. Ненесущие стены. Экранные стены»;
- Методических рекомендаций по определению критической величины теплового излучения для материала (заполнения) экранной стены для курсантов и

слушателей Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России [14];

- Специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты: здание аэровокзального комплекса (пассажирского терминала) аэропорта «Симферополь», расположенного по адресу: Республика Крым [116];

- Специальных технических условий по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты: Новый аэровокзальный комплекс внутренних/международных воздушных линий Международного аэропорта «Баландино – Челябинск» (СЕК), расположенного по адресу: г. Челябинск, Metallургический район, Аэропорт [117].

Степень достоверности и апробации результатов обеспечивались:

- апробированными экспериментальными методами определения прочностных и теплофизических характеристик и оценки огнестойкости строительных конструкций;

- использованием в экспериментальных исследованиях поверенных измерительных приборов и аппаратуры, обеспечивающих достаточную точность измерения;

- использованием валидированных и верифицированных программных комплексов;

- внутренней непротиворечивостью результатов и их согласованностью с результатами экспериментов.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены и получили одобрение на 6 международных научно-практических конференциях:

- VI Международная научно-практическая конференция «Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы» (Россия, г. Санкт-Петербург, 2014);

- XXVII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пожарной безопасности» (Россия, г. Москва, 2015);

- Практическая конференция «Актуальные проблемы системы обеспечения

пожарной безопасности» в рамках 22 Международной выставки технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты «MIPS/Securika» (Россия, г. Москва, 2016);

– XXVIII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы пожарной безопасности» (Россия, г. Москва, 2016).

– XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, г. Москва, 2017);

– Международная конференция «Система обеспечения пожарной безопасности. Состояние, тенденции, пути развития» (Россия, г. Санкт-Петербург, 2017);

– XX Международная межвузовская научно-практическая конференция студентов, магистратов, аспирантов и молодых ученых. (г. Москва, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка использованной литературы и приложения. Работа содержит 109 страниц текста, иллюстрированного 42 рисунками, включает в себя 13 таблиц и 118 наименований литературы, а также приложение на 40 страницах.

ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВОПРОСОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА В ПАССАЖИРСКИХ ТЕРМИНАЛАХ

1.1. Противопожарное состояние пассажирских терминалов

В настоящее время активно ведутся процессы строительства, модернизации, реконструкции российских пассажирских терминалов. Проектируемые и строящиеся терминалы в наиболее крупных городах (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Пермь, Самара и др.) являются по своей сути уникальными объектами как по принимаемым техническим решениям (предусматривающим совмещение в едином объеме помещений различных классов функциональной пожарной опасности с разнородным пребывающим контингентом и различными технологическими связями), так и по их государственной и социальной значимости, для проектирования которых отсутствуют (и даже не могут быть предусмотрены) единые типовые требования.

Для примера рассмотрим такие варианты пассажирских терминалов, как аэровокзал, аэропорт и хаб [12].

В данном случае под аэровокзалом понимается здание или совокупность зданий для обслуживания пассажиров и проведения багажных операций в аэропортах.

Аэропорт – комплекс сооружений, включающий в себя аэродром, аэровокзал, другие сооружения, предназначенный для приема и отправки воздушных судов, обслуживания воздушных перевозок и имеющий для этих целей необходимые оборудование, авиационный персонал и других работников [3].

Хаб (от англ. hub-and-spoke) – это крупный узловой аэропорт, характеризующийся большой долей обслуживаемых трансферных пассажиров и (или) грузов и почты, широкой сетью маршрутов и наличием крупного базового авиаперевозчика или альянсом авиаперевозчиков.

В связи с тем, что в действующих зарубежных нормативных документах используется указанное определение для большей части пассажирских терминалов международных аэропортов, следует придерживаться термина

«пассажирский терминал аэропорта» и для отечественной идентификации подобных объектов.

В соответствии со стандартом NFPA 415 [70], пассажирский терминал аэропорта (airport terminal building) определяется как «здание для улетающих и прилетающих пассажиров, продажи билетов, предоставления информации о полетах, работ с багажом и других работ, связанных с обслуживанием полетов (этот термин включает также все сопутствующие здания для обслуживания пассажиров и полетов)».

В дальнейшем в работе будет использован термин «пассажирские терминалы» как наиболее емко отражающий характеристики рассматриваемых объектов.

В последние годы основной объем финансирования из федерального бюджета Российской Федерации направлялся на реконструкцию и развитие наиболее крупных терминалов. При этом капитальные вложения в объекты регионального и местного значения практически не осуществлялись. Но большинство субъектов Российской Федерации заинтересовано в их развитии, в том числе за счет собственных бюджетных ресурсов.

Постоянный дефицит финансирования привел к критическому износу инфраструктуры и в целом неудовлетворительному состоянию основных фондов. В такой ситуации планово-предупредительный ремонт терминалов сводился только к текущему ремонту, который не мог заменить капитальный ремонт и предотвратить некомпенсируемый износ имущества.

Как показывает проведенный анализ, подобное положение дел способствовало критическому снижению уровня пожарной безопасности зданий терминалов, расположенных на территории Российской Федерации.

При этом подобные объекты являются достаточно пожароопасными и предусматривают массовое пребывание людей. Для примера рассмотрим наиболее характерные пожары, которые произошли в аэропортах мира на протяжении последних 20 лет (таблица 1.1) и послужили причиной массовой гибели, травмирования, а также значительного материального ущерба [73, 74].

Таблица 1.1 – Пожары в аэропортах

Дата	Страна, аэропорт	Краткое описание
1	2	3
15.03.2000	Россия, аэропорт в пос. Ессей	Огнем полностью уничтожено радиооборудование. Возникла чрезвычайная ситуация из-за проблем с доставкой в поселок топлива
15.04.2000	Демократическая Республика Конго, аэропорт «Киншас»	При крушении самолета в районе аэропорта погибло более 100 человек и более 200 ранены
24.04.2003	Германия, аэропорт в Дюссельдорфе	Возгорание машины, находящейся на парковке под зданием главного терминала. Пять пострадавших
05.05.2004	Россия, аэропорт в Усть-Янском улусе (районе) Якутии	Возгорание из-за короткого замыкания электропроводки в мастерской на первом этаже. Здание выгорело полностью
29.10.2005	Нидерланды, Амстердам, аэропорт «Схипхол»	Пожар в изоляторе внутреннего содержания полиции аэропорта. Возгорание в одной из камер. Огонь распространился по всему корпусу, в результате 11 погибших и 15 раненых
05.05.2006	Бельгия, аэропорт «Завентем» (Брюссель)	При пожаре в аэропорту пострадали 6 человек и 4 самолета различных авиакомпаний, ущерб – более 10 млн евро
02.03.2009	Россия, аэропорт поселка Корф Олюторского района Камчатского края	Пожар уничтожил около 30 % одноэтажного деревянного здания аэровокзала. Причина возгорания – короткое замыкание на временной линии электропередачи
03.03.2009	Россия, аэропорт ФГУП «Чукот-авиа»	Пожар по причине нарушения требований пожарной безопасности при эксплуатации бытовых электроприборов повлек гибель 1 человека и материальный ущерб более 21 млн рублей
19.12.2011	Россия, аэропорт Черемшанка под г. Красноярском	Полностью уничтожено здание аэровокзала. Возгорание из-за короткого замыкания на крыше. Общая площадь пожара составила 3 тыс. кв. м
30.01.2013	Россия, аэропорт в г. Тарко-Сале	Пожар по причине нарушения правил монтажа электрооборудования причинил ущерб более 2 млн рублей.
07.07.2013	Россия, аэропорт Козинска (Красноярский край)	Деревянное двухэтажное здание аэропорта полностью уничтожено пожаром
15.01.2014	США, Нью-Йорк, аэропорт имени Джона Кеннеди	Пожар произошел в грузовом терминале. Пострадали не менее 18 человек
19.06.2015	Россия, аэропорт Толмачево в Новосибирске	Причина пожара – короткое замыкание электропроводки. Выгорел утеплитель фасада здания терминала внутренних авиалиний. В результате пожара эвакуированы более 500 человек
03.09.2015	Россия, здание пассажирского терминала аэропорта Домодедово (Московская обл.)	Задымление из-за пожара в складском помещении аэропорта. Эвакуированы около 3 тыс. человек

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
18.12.2017	США, аэропорт Хартсфилд-Джексон в Атланте	Пожар нанес значительный ущерб электрическому оборудованию. Полностью обесточены подстанции питания аэропорта
26.01.2018	Тайланд, аэропорт северо-восточной провинции Кхонкэн	Возгорание началось на третьем этаже терминала аэропорта из-за вышедшего из строя электрощита. Порядка тысячи пассажиров эвакуированы из здания. Огонь уничтожил до 40 % кровли объекта

В целях установления основных характерных нарушений требований пожарной безопасности в зданиях аэропортов проведен анализ обеспечения пожарной безопасности на территории 10 наиболее крупных объектов на территории Российской Федерации (таблица 1.2). В ходе проведенной работы установлено, что основными типовыми нарушениями действующих нормативных документов являются следующие:

- отсутствие либо неисправность элементов систем противопожарной защиты;
- повреждение огнезащитных покрытий, а также занижение пределов огнестойкости отдельных элементов систем противодымной защиты;
- нарушение требований, предъявляемых к устройству и параметрам эвакуационных путей и выходов.

Таблица 1.2 – Нарушение требований пожарной безопасности

Наименование	Принятые технические решения	Проблемные вопросы
1	2	3
Волгоград (Волгоградская область)	II степень огнестойкости, СО (внутренний терминал), III степень огнестойкости, СЗ (международный терминал), комплекс систем, в том числе СОУЭ 3-го типа для внутреннего и 2-го типа в международном терминале, без АУПТ	В международном терминале отсутствует СОУЭ 3 типа; нарушены требования нормативных документов к путям эвакуации.
Внуково (Москва)	I степень огнестойкости, СО. Объект оборудован комплексом систем противопожарной защиты (автоматической установкой пожаротушения, автоматической пожарной сигнализацией, системой оповещения и управления эвакуацией людей (4 типа – терминал А и 2 типа – Д), противопожарным водопроводом) (далее – комплекс СПЗ)	Отдельные помещения не оснащены системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, автоматической пожарной сигнализацией; занижены пределы огнестойкости элементов систем противодымной защиты.

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
Казань (Республика Татарстан)	II степень огнестойкости, СО, комплекс СПЗ, в том числе СОУЭ 4-го типа	Размещение приемно-контрольного прибора в бизнес-терминале осуществляется в помещении без персонала, в том числе не соответствующем требованиям нормативным документам по пожарной безопасности
Кольцово (Свердловская область)	I (внутренний терминал) и II (международные терминалы) степеней огнестойкости, СО, комплекс СПЗ, в том числе СОУЭ 3-го типа	Имеются повреждения огнезащиты воздуховодов, а также зазоры в противопожарных преградах
Курумоч (Самарская область)	II степень огнестойкости, С1 (внутренний терминал – СО), комплекс СПЗ, в том числе СОУЭ 4-го типа	В отдельных помещениях отсутствует автоматическая пожарная сигнализация (над фальшпотолком); нарушены требования нормативных документов к путям эвакуации
Нижний Новгород (Нижегородская область)	II степень огнестойкости, СО, комплекс СПЗ, в том числе СОУЭ 3-го типа, без оборудования АУПТ	Сети наружного противопожарного водопровода не являются кольцевыми
Новый (Хабаровский край)	I степень огнестойкости, СО, комплекс СПЗ, в том числе СОУЭ 4-го типа, оборудование АУПТ помещений подвала	Отдельные элементы автоматической установки пожаротушения находятся в неработоспособном состоянии, отсутствует СОУЭ 3 типа, нарушены требования нормативных документов к путям эвакуации (двери открываются не по ходу эвакуации, заужены эвакуационные лестничные клетки), а также к размещению огнетушителей
Центральный (Омская область)	II степень огнестойкости, СО, комплекс СПЗ, в том числе СОУЭ 3-го типа, без оборудования АУПТ	В отдельных помещениях занижены параметры СОУЭ, а также уровень освещенности в местах размещения ручных пожарных извещателей
Шереметьево (Московская область)	II степень огнестойкости, СО, комплекс СПЗ, в том числе СОУЭ 4-го типа для терминалов D, C и E и 3-го типа – для терминала F	Элементы автоматической пожарной сигнализации отсутствуют либо не исправны; в отдельных помещениях (коридорах) противоподымная защита отсутствует либо выполнена с нарушением нормативных требований; отсутствует дымоудаление из коридоров встроек; нарушено огнезащитное покрытие несущих элементов; отсутствуют эвакуационные выходы из отдельных помещений; отсутствует круговой проезд; превышена площадь пожарного отсека; занижен тип заполнения проемов в противопожарных преградах

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
Храброво (Калининград- ская область).	II степень огнестойкости, СО, комплекс СПЗ	Залы ожидания на втором этаже и многоцветное пространство не оборудованы системой вытяжной противодымной вентиляции; ряд помещений не оборудован автоматической установкой пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией; не определен необходимый расход на наружное пожаротушение; ряд эвакуационных путей выполнен с нарушениями требований пожарной безопасности

На основании анализа противопожарного состояния пассажирских терминалов установлено, что требуется разработка новых научно обоснованных технических решений, направленных на предотвращение распространения опасных факторов пожара.

1.2 Некоторые нормативные положения обеспечения пожарной безопасности пассажирских терминалов

Как показывает статистика пожаров в зданиях терминалов [74], анализ существующих нормативных положений, а также противопожарное состояние эксплуатируемых зданий, предпосылками возникновения пожаров в зданиях терминалов являются проблемы, вызванные отсутствием системного подхода к обеспечению пожарной безопасности зданий терминалов как на этапе проектирования и строительства, так и в период их эксплуатации.

Основной проблемой обеспечения пожарной безопасности зданий терминалов является несовершенство существующих нормативных положений по пожарной безопасности, а также отсутствие возможности реализации «гибкого» подхода при проектировании и строительстве подобных уникальных объектов защиты, предусматривающего возможность выбора оптимальных научно обоснованных решений, обеспечивающих безусловную безопасность людей.

До последнего времени требования к проектированию подобных объектов устанавливались в соответствии с их функциональной пожарной опасностью и в целом не учитывали особенностей подобных технически сложных объектов (таблица 1.3).

Ведомственные нормы не содержали конкретных требований пожарной безопасности, а имели лишь общие ссылки на нормативные документы по пожарной безопасности, регламентирующие узкие технические вопросы: ограничение размещения отдельных помещений в подвальных этажах, необходимость устройства систем противопожарной защиты (внутреннего и наружного противопожарного водопровода, автоматической установки пожаротушения), а также обеспечения надежности электроприемников аэропортов [82].

Таблица 1.3 – Требования нормативных документов по проектированию зданий терминалов

Нормативный документ	Наименование	Основные требования																					
1	2	3																					
НТП 3–74 [32]	Нормы технологического проектирования аэровокзалов аэропортов. МГА	Норма – 1,5 м ² на одного пассажира. Степень огнестойкости не ограничивается. Для V степени огнестойкости – не более 2 этажей, площадь до 800 м ² , вместимость до 100 пассажиров/час, допускались с печным отоплением.																					
ТЭП 3–74 [43]	Нормативные технико-экономические показатели аэропортов. МГА	Классификация по пропускной способности, определяющая обязательный набор помещений: малые – 100, 200, 400 пасс./ч; средние – 600, 800, 1000 пасс./ч; большие – 1300, 1500, 1800, 2000, 2300, 2500 пасс./ч.																					
СНиП II-85–80 [33]	Вокзалы. Нормы проектирования	<table><tr><td>Вокзалы</td><td>Количество этажей</td><td>Степень огнестойкости</td><td>Площадь этажа, м²</td></tr><tr><td rowspan="2">Крупные и большие</td><td>1*</td><td>I–II</td><td>6000</td></tr><tr><td>от 2</td><td>I</td><td>5000</td></tr><tr><td rowspan="2">Средние и малые</td><td>1</td><td>II</td><td>6000</td></tr><tr><td>2–3</td><td>II</td><td>4000</td></tr></table>				Вокзалы	Количество этажей	Степень огнестойкости	Площадь этажа, м ²	Крупные и большие	1*	I–II	6000	от 2	I	5000	Средние и малые	1	II	6000	2–3	II	4000
Вокзалы		Количество этажей	Степень огнестойкости	Площадь этажа, м ²																			
Крупные и большие		1*	I–II	6000																			
		от 2	I	5000																			
Средние и малые		1	II	6000																			
	2–3	II	4000																				
<*> Без применения основных деревянных конструкций.																							
Здания аэровокзалов расчетной вместимостью 100 и менее пассажиров допускается проектировать III степени огнестойкости.																							

		3				
СНиП II-85-80 [33]	Вокзалы. Нормы проектирования	Площадь этажа между противопожарными стенами при этом следует принимать: в одноэтажных зданиях – 3000 м², в двухэтажных зданиях – 2000 м². Вместо противопожарных стен допускается устройство водяных дренчерных завес в две нити, расположенных на расстоянии 0,5 м и обеспечивающих интенсивность орошения водой не менее 1 л/с на 1 м пола. Площадь этажа между противопожарными стенами зданий аэровокзалов допускается увеличивать до 10 000 м² при соблюдении следующих условий: здание выполняется I степени огнестойкости; в подвальных (цокольных) этажах ограничивается размещение складов, кладовых и других помещений с наличием сгораемых материалов, кроме камер хранения багажа, гардеробных персонала и уборных; при этом сообщение уборных с первым этажом может осуществляться по открытым лестницам, а камер хранения и гардеробных – по отдельным лестницам в закрытых лестничных клетках. Камеры хранения и гардеробные должны отделяться от остальных помещений подвала противопожарными перегородками и оборудоваться установками автоматического пожаротушения; командно-диспетчерские пункты должны быть отделены противопожарными перегородками. Площадь этажа между противопожарными стенами зданий аэровокзалов не ограничивается при условии оборудования установками автоматического пожаротушения. Степень огнестойкости пристроенных к зданию вокзалов навесов, террас, галерей, а также отделенных противопожарными стенами служебных и других зданий и сооружений допускается принимать на одну степень огнестойкости ниже, чем степень огнестойкости здания вокзала				
ВНТП 3-81 [25]	Ведомственные нормы технологического проектирования аэропортов. МГА	Распространяется на аэровокзалы с пропускной способностью свыше 2500 пасс/ч. Противопожарные требования по СНиП II-85-80. Дополнение – по периметру эскалаторов устанавливается дренчерная завеса.				
СНиП 2.08.02-89 и 89* «Общественные здания и сооружения» [35]						
Степень огнестойкости	Наибольшее число этажей	Площадь, м ² , этажа между противопожарными стенами в здании				
		одноэтажном	2-этажном	3-5-этажном	6-9-этажном	10-16-этажном
I	16	6000	5000	5000	5000	2500
II	16	6000	4000	4000	4000	2200
II	5	3000	2000	2000	—	—
IIIа и IIIб	1*	2500	—	—	—	—
IV	2	2000	1400	—	—	—
IVа	1	800	—	—	—	—
V	2	1200	800	—	—	—

1	2	3
ВНТП 3–81 [25]	Ведомственные нормы технологического проектирования аэровокзалов аэропортов. МГА (СНиП 2.08.02–89 и 89* «Общественные здания и сооружения» [35])	В зданиях вокзалов вместо противопожарных стен допускается устройство водяных дренчерных завес в две нити, расположенные на расстоянии 0,5 м и обеспечивающие интенсивность орошения не менее 1 л/с на 1 м длины завесы. Время работы завес не менее 1 ч. В зданиях аэровокзалов I степени огнестойкости площадь этажа между противопожарными стенами может быть увеличена до 10 000 м ² , если в подвальных (цокольных) этажах не располагаются склады, кладовые и другие помещения с наличием горючих материалов (кроме камер хранения багажа и гардеробных персонала). При этом сообщение уборных, расположенных в подвальном и цокольном этажах, с первым этажом может осуществляться по открытым лестницам, а камер хранения и гардеробных – по отдельным лестницам в закрытых лестничных клетках. Камеры хранения (кроме оборудованных автоматическими ячейками) и гардеробные необходимо отделять от остальных помещений подвала противопожарными перегородками 1-го типа и оборудовать установками автоматического пожаротушения, а командно-диспетчерские пункты – противопожарными перегородками. В зданиях аэровокзалов площадь этажа между противопожарными стенами не ограничивают при условии оборудования установками автоматического пожаротушения.
СНиП 31-06–2009 [37]	Общественные здания и сооружения	6.71. В зданиях аэровокзалов I степени огнестойкости площадь этажа между противопожарными стенами может быть увеличена до 10 000 м ² , если в подвальных (цокольных) этажах не располагаются склады, кладовые и другие помещения с наличием горючих материалов (кроме камер хранения багажа и гардеробных персонала). 6.72. Камеры хранения (кроме оборудованных автоматическими ячейками) и гардеробные необходимо отделять от остальных помещений подвала противопожарными перегородками 1-го типа и оборудовать установками автоматического пожаротушения, а командно-диспетчерские пункты – противопожарными перегородками. 6.73. Выходы из 50 % лестничных клеток, а также коридоров зданий вокзалов допускается предусматривать в объединенный пассажирский зал, имеющий выходы непосредственно наружу или на наружную открытую эстакаду или платформу.
СП 2.13130. 2009 [40]	Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты	6.8.4 В зданиях вокзалов вместо противопожарных стен допускается устройство водяных дренчерных завес в две нити, расположенных на расстоянии 0,5 м и обеспечивающих интенсивность орошения не менее 1 л/с на 1 м длины завесы при времени работы не менее 1 ч, а также противопожарных штор, экранов и иных устройств с пределом огнестойкости не менее Е 60.

1	2	3
СП 2.13130. 2009 [40]	Системы противопо- жарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты	6.8.5 В зданиях аэровокзалов I степени огнестойкости площадь этажа между противопожарными стенами может быть увеличена до 10000 м², если в подвальных (цокольных) этажах не располагаются склады, кладовые и другие помещения с наличием горючих материалов (кроме камер хранения багажа и гардеробных персонала). Камеры хранения (кроме оборудованных автоматическими ячейками) и гардеробные следует отделять от остальных помещений подвала противопожарными перегородками 1-го типа и оборудовать установками автоматического пожаротушения, а командно-диспетчерские пункты – противопожарными перегородками. 6.8.6 В зданиях аэровокзалов площадь этажа между противопожарными стенами не ограничивают при условии оборудования установками автоматического пожаротушения.
СП 118. 13330. 2012 [38]	Общественные здания и сооружения	6.79. Выходы из 50 % лестничных клеток, а также из коридоров зданий вокзалов допускается предусматривать в объединенный пассажирский зал, имеющий выходы непосредственно наружу или на наружную открытую эстакаду или платформу.
СП 2.13130. 2012 [40]	Системы противопо- жарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты	6.7.4. В зданиях вокзалов I, II степеней огнестойкости класса С0 класса конструктивной пожарной опасности вместо противопожарных стен допускается устройство водяных дренчерных завес в две нити, расположенных на расстоянии 0,5 м и обеспечивающих интенсивность орошения не менее 1 л/с на 1 м длины завесы при времени работы не менее 1 ч, а также противопожарных штор, экранов и иных устройств с пределом огнестойкости не менее Е 60. При этом указанные виды противопожарных преград должны размещаться в зоне, свободной от пожарной нагрузки на ширину не менее 4 м в обе стороны от преграды. 6.7.5. В зданиях аэровокзалов I степени огнестойкости площадь этажа между противопожарными стенами может быть увеличена до 10 000 м², если в подвальных (цокольных) этажах не располагаются склады, кладовые и другие помещения с наличием горючих материалов (кроме камер хранения, гардеробных персонала и помещений категорий В4 и Д). Камеры хранения (кроме оборудованных ароматическими ячейками) и гардеробные следует отделять от остальных помещений подвала противопожарными перегородками 1-го типа и оборудовать установками автоматического пожаротушения, а командно-диспетчерские пункты – противопожарными перегородками 1-го типа (в том числе светопрозрачными). 6.7.6. В зданиях вокзалов и аэровокзалов I степени огнестойкости класса С0, оборудованных установками автоматического пожаротушения, площадь этажа между противопожарными стенами не нормируется. Все остальные требования общие для всех типов зданий.

Как показывает проведенный анализ (см. табл. 1.3), действующие нормативные положения по пожарной безопасности в большинстве своем морально устарели, не учитывают современных тенденций проектирования и строительства, а также модернизации подобных уникальных объектов, являются необоснованно жесткими, ограничивающими применение современных проектных решений, направленных на предотвращение распространения пожаров.

В частности, предусматривается деление зданий на пожарные отсеки минимально установленной площади, не обеспечивается возможность выбора различного типа противопожарных преград, а также не допускается вариантность при выборе типа заполнения проемов в противопожарных преградах.

Для предотвращения распространения опасных факторов пожара в зданиях пассажирских терминалов следует уделить первоочередное внимание реализации следующих основных задач:

- внедрению новых технических решений, обеспечивающих безопасную эвакуацию людей посредством устройства экранных стен, предотвращающих распространение пожара;
- проведению анализа международного опыта по обеспечению пожарной безопасности пассажирских терминалов, в том числе с учетом применения экранных стен;
- разработке предложений по актуализации существующих нормативных положений, направленных на установление требований по области применения, конструктивным особенностям и методам испытания экранных стен.

1.3. Международный опыт применения экранных стен для предотвращения распространения пожаров

Гармонизация российских нормативных документов по пожарной безопасности с европейскими и международными стандартами является приоритетным направлением по совершенствованию технического регулирования

и развитию национальной системы стандартизации в области пожарной безопасности в Российской Федерации [86].

Актуальность задачи гармонизации обусловлена необходимостью обеспечения соответствия отечественной продукции международным требованиям и повышения ее конкурентоспособности, устранения технических барьеров в международной торговле, создания благоприятного инвестиционного климата, использования зарубежных научно-технических достижений в целях повышения уровня пожарной безопасности в Российской Федерации.

Концепция гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности (далее – Концепция), одобренная на заседании Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности, определяет основные направления гармонизации, которые базируются на апробированных практикой подходах и принципах, соответствующих международным [101].

Концепцией определены основные направления гармонизации.

1) нормативных документов, содержащих требования пожарной безопасности к объектам защиты;

2) национальных и межгосударственных стандартов, содержащих требования пожарной безопасности к продукции, а также методам ее испытания.

При реализации второго направления необходимо предусмотреть максимальную замену испытательных методов на расчетные, что позволит существенно снизить затраты на проведение процедур подтверждения соответствия, создание соответствующего новым методам материально-технического испытательного оборудования с подготовленными для его эксплуатации экспертами.

Согласно Концепции одним из основных подходов к гармонизации документов в области пожарной безопасности является использование единых методик проведения огневых испытаний, соответствующих мировому уровню развития науки и техники.

В рамках реализации обозначенной Концепции предусматривается:

- переработать нормативные документы в соответствии с уровнем развития науки и техники, а также национальной экономики;
- осуществить содержательный анализ, корректировку, систематизацию (кодификацию) зарубежных нормативных документов и привести их в соответствие с принципами обеспечения пожарной безопасности, учитывая при этом интересы российской экономики;
- разработать сводные таблицы, которые устанавливали бы соотношения отечественных и зарубежных методов оценки огнестойкости, а также позволяли осуществить выбор этих методов при разработке системы пожарной безопасности объектов национальной экономики.

При этом одной из проблем российской системы нормирования является отсутствие необходимых нормативных документов для безусловной реализации действующих нормативных положений, в частности Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [2], в части возможности выбора альтернативных решений по отношению к существующим требованиям пожарной безопасности.

В частности, статьей 32 Технического регламента ограничиваются возможные типы применяемых противопожарных преград, а в нормативном документе, принятом в его развитие – ГОСТ Р 53309– 2009 «Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования» [30], содержатся лишь общие требования к проведению натурных огневых испытаний зданий или фрагментов зданий, без привязки к конкретным типам противопожарных преград.

Вместе с тем в международной практике существуют технические решения, касающиеся устройства и применения противопожарных преград, апробированных при проектировании и строительстве объектов защиты различных классов функциональной пожарной опасности, не имеющих аналогов на территории Российской Федерации (рисунки 1.8–1.9) [112, 114]. В частности, широкое применение получили экранные стены, противопожарные экраны, вертикальные защитные мембраны [84, 87, 94].

Кроме того, в международной системе на основании исследований для различных типов огнестойких конструкций разработаны и используются методы расширенного применения, позволяющие во многих случаях (при внесении конструктивных изменений в огнестойкие элементы) сократить затраты на крупномасштабные испытания (за счет сопоставления результатов маломасштабных испытаний) [75, 108].

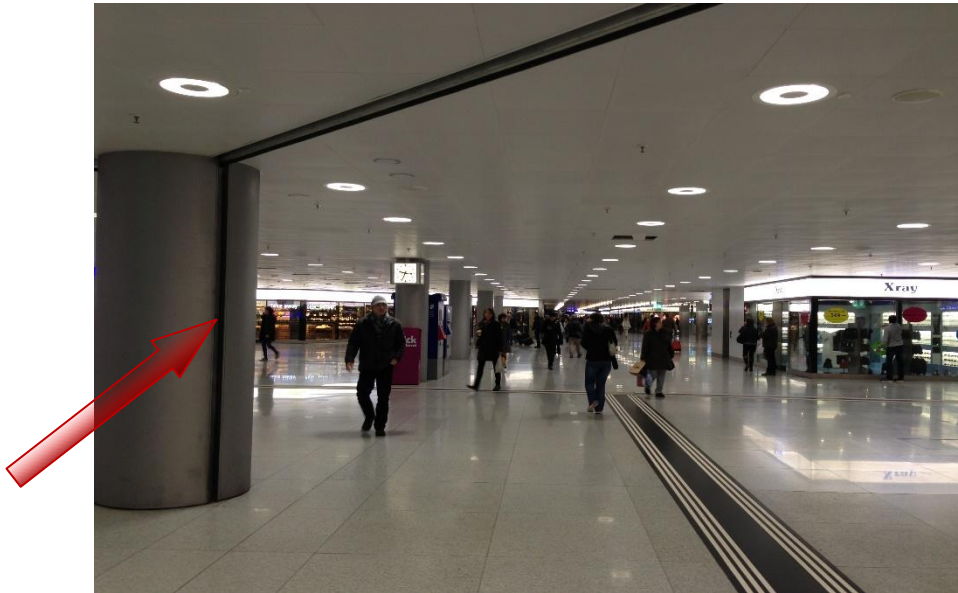


Рисунок 1.8 – Примеры экранных стен

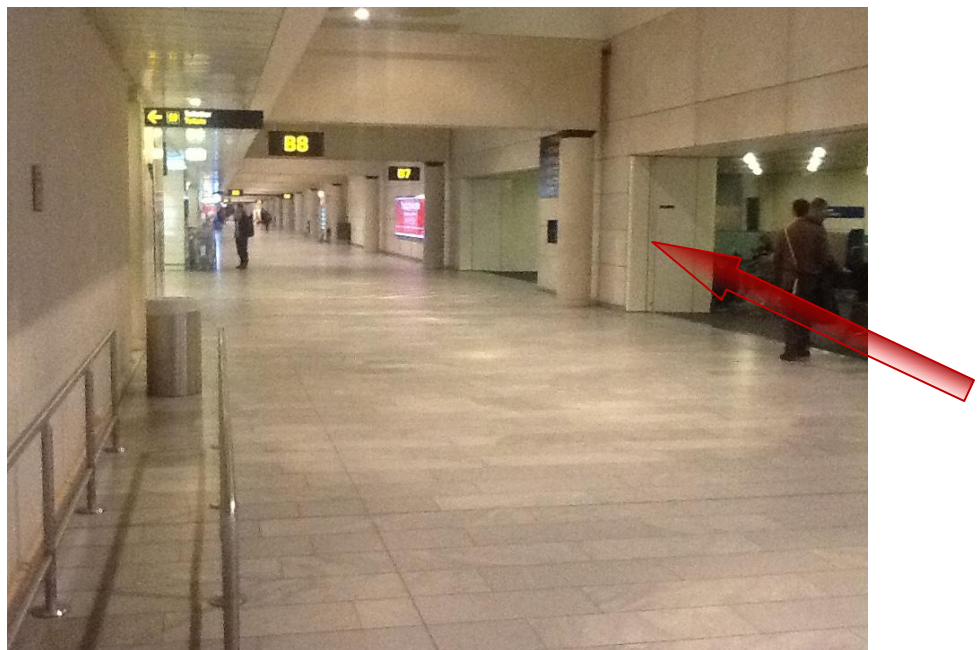


Рисунок 1.9 – Примеры экранных стен

В настоящее время разработка национальных стандартов в области пожарной безопасности в Российской Федерации осуществляется в рамках технического комитета по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность», который представляет интересы России в технических комитетах ИСО (Международная организация по стандартизации) и МЭК (Международная электротехническая комиссия).

При этом гармонизация не является новым направлением при разработке национальных стандартов. Организациями-разработчиками национальных стандартов и ранее уделялось значительное внимание изучению международных нормативных положений в области пожарной безопасности с целью соответствия технических характеристик отечественной пожарно-технической продукции и методов ее испытания международному уровню. Однако ранее разрабатывались в основном «неэквивалентные» (NEQ) национальные стандарты, учитывающие лишь отдельные положения международных документов. Основной упор делался на соблюдение отечественных норм и требований [102, 103, 104].

В последнее время в связи с вступлением России в ВТО (Всемирная торговая организация) и принятием Концепции развития национальной системы стандартизации гармонизация национальных и межгосударственных стандартов в области пожарной безопасности с международными, региональными и стандартами зарубежных стран приобретает первостепенное значение [111].

В целях определения необходимого перечня нормативных документов, подлежащих гармонизации и приведению в соответствие с действующими требованиями пожарной безопасности, проведем анализ существующих международных нормативных документов в области пожарной безопасности [43] в части установления требований к огнестойкости различных типов строительных конструкций.

1) EN 1991-1-2:2002/AC:2009 «Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire» («Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости») [51].

Еврокоды включают в себя расчетные и конструктивные требования общего характера и определяют характерные особенности обеспечения огнестойкости при проектировании конструкций, которые должны выполнять требуемые функции (несущую и/или ограждающую) в течение установленной продолжительности регламентируемого воздействия пожара при заданном уровне нагрузки.

Приведенные в EN 1991 методы применимы для зданий с соответствующими их назначению пожарными нагрузками.

В данном техническом кодексе рассмотрены тепловые и механические воздействия на строительные конструкции при пожаре. Кроме того, настоящий технический кодекс устанавливает принципы и правила определения тепловых и механических воздействий и не рассматривает порядок определения повреждений строительных конструкций при пожаре. В стандарте приводятся методы расчета огнестойкости, расчетные сценарии пожара, принципы теплотехнического и статического расчета, температурные режимы, моделирование пожаров.

2) EN 1993-1-2:2005/AC:2009 «Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-2: General rules – Structural fire design» («Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1–2. Общие правила определения огнестойкости») [52].

EN 1993 применяется при проектировании стальных конструкций сооружений и инженерных систем и устанавливает требования только по критериям прочности, эксплуатационной надежности, долговечности и огнестойкости стальных конструкций.

EN 1993 устанавливает требования при проектировании стальных конструкций с учетом возможного воздействия пожара и относится только к способам обеспечения пассивной противопожарной защиты.

Данный документ применяется к несущим стальным конструкциям, обеспечивающим общую устойчивость и геометрическую неизменяемость здания, и не включает требования для ограждающих конструкций.

Еврокод содержит основные принципы расчета механических (прочностных и деформационных) характеристик материала, а также оценочные методы и

модель конструктивной системы, которая отражает ожидаемое поведение конструкции при пожаре, свойства материалов для углеродистых и нержавеющей сталей, а также методику проведения расчета для определения огнестойкости.

3) EN 1999-1-2:2007/AC:2009 «Eurocode 9 – Design of aluminum structures – Part 1–2: Structural fire design» («Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости») [53].

Стандарт EN 1999-1-2 предназначен для проектирования алюминиевых конструкций с учетом огневого воздействия и касается только пассивных методов противопожарной защиты.

Данный стандарт применяется к алюминиевым конструкциям, которые должны выполнять несущую функцию при огневом воздействии в целях предотвращения преждевременного обрушения конструкции.

4) CEN/TS 13381-1:2005 «Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 1: Horizontal protective membranes» («Метод испытания несущих строительных конструкций на огнестойкость. Часть 1. Горизонтальные защитные экраны») [50].

Стандарт регламентирует метод испытаний на огнестойкость горизонтальных защитных экранов, которые используются в качестве противопожарных преград. Кроме того, предусматривается возможность увеличения предела огнестойкости подобных конструктивных элементов.

5) ENV 13381-2:2002 «Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 2: Vertical protective membranes» («Методы испытаний строительных конструкций на огнестойкость. Часть 2. Вертикальные защитные мембраны») [54].

Стандарт определяет метод испытания на огнестойкость вертикального защитного экрана, используемого в качестве огнестойкого изоляционного слоя. Кроме того, предусматривается возможность увеличения предела огнестойкости вертикальных несущих строительных конструкций из стали, бетона, железобетона или дерева.

Данный стандарт применим к вертикальным защитным мембранам любого типа, которые могут быть рассмотрены как самостоятельные перегородки. Вертикальная защитная мембрана может рассматриваться отдельно либо в составе конструктивных элементов здания или несущей конструкции.

Внедрение указанного стандарта позволяет обеспечить гибкость нормирования за счет возможности «точечного» повышения пределов огнестойкости элементов объекта (эвакуационных коридоров и т. п.) без необходимости повышения степени огнестойкости объекта в целом.

6) ENV 13381-4:2002 «Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied protection to steel members» («Методы испытаний строительных конструкций на огнестойкость. Часть 4. Защита стальных конструкций») [55].

Стандарт определяет влияние огнезащиты на огнестойкость стальных конструкций, которые могут использоваться как балки, колонны или растягивающие элементы. Оценка предусматривается в зависимости от толщины огнезащитного материала, размера стальных элементов, диапазона расчетных температур и периода времени, на который рассчитана огнезащита.

Кроме того, стандарт содержит метод для определения эффективности огнезащитной системы относительно ее устойчивости и качества.

Данный стандарт предъявляет более развернутые требования к методам испытаний стальных конструкций, включающие в себя, в том числе, процедуру оценки теплопроводности конструкций, а также возможность проведения контролируемого многостороннего теплового воздействия.

7) EN 13381-8:2010 «Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members» («Методы испытаний строительных конструкций на огнестойкость. Часть 8. Активная защита стальных конструкций») [56].

Стандарт описывает метод испытания на огнестойкость стальных строительных конструкций, которые могут использоваться в качестве балок или колонн, с учетом применения систем активной противопожарной защиты.

Данный стандарт определяет методы испытания, позволяющие оценить способность системы противопожарной защиты сохранить целостность и обеспечить параметры по тепловым воздействиям.

Стандарт устанавливает основные требования к методам испытаний стальных конструкций на огнестойкость с применением тонкослойных огнезащитных материалов (огнезащитных красок) и позволяет более корректно оценить влияние огнезащиты на повышение пределов огнестойкости стальных конструкций.

8) BS EN 1364-1:1999 «Fire resistance tests for non-loadbearing elements – Part 1: Walls» («Испытания на огнестойкость несущих элементов – Часть 1: Стены») [45].

Стандарт описывает метод определения огнестойкости несущих стен. Данный метод распространяется на внутренние и наружные несущие стены с остеклением и без него.

9) BS 8524-1:2013 «Active fire curtain barrier assemblies – Part 1: Specification» («Активные защитные конструкции с огнестойким экраном. – Часть 1: Технические условия») [48];

10) BS 8524-2:2013 «Active fire curtain barrier assemblies – Part 2: Code of practice for application, installation and maintenance» («Активные защитные конструкции с огнестойким экраном. – Часть 2: Свод правил: применение, установка, обслуживание») [49].

Стандарты определяют требования к проектированию, испытаниям и классификации активных защитных конструкций и содержат методы испытания на надежность и долговечность, огнестойкость, обеспечение дымоудаления и ударопрочность для любых конструкций, кроме противопожарных дверей.

Данные конструкции применяются для заполнения проемов в противопожарных преградах (взамен противопожарных дверей, рольставней), а также в качестве противопожарных преград (стен, перекрытий и т. д.).

При этом расположение конструкции может определяться в зависимости от выполняемых функций (горизонтальное, вертикальное, наклонное, конвейерное) (рисунок 1.10).

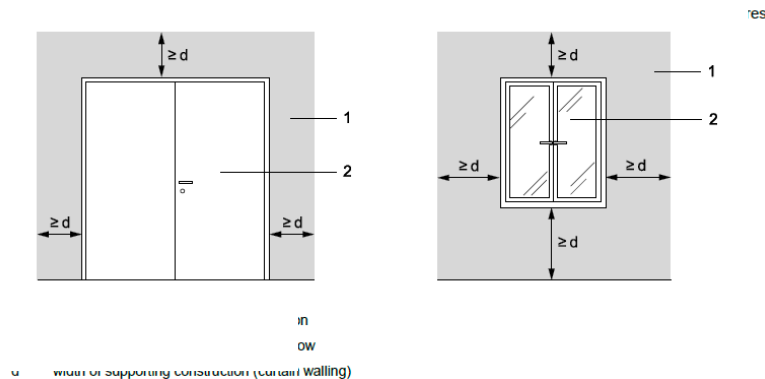


Рисунок 1.10 – Включение в испытания дверей и окон [47]:

d – расстояние от проема до края образца; 1 – испытываемый образец; 2 – заполнение проема

Предусматривается испытание на огнестойкость по следующим параметрам: E (потеря целостности), I (потеря теплоизолирующей способности), W (достижение предельной величины плотности теплового потока).

11) BS EN 12101-1:2005+A1:2006 «Smoke and heat control systems – Part 1: Specification for smoke barriers» («Системы дымоудаления и терморегулирования. Часть 1. Технические условия для дымовых преград») [44].

Стандарт устанавливает требования к испытаниям на надежность, дымопроницаемость и термостойкость.

В данном стандарте рассматривается 4 типа экранов: статичные и активные, из гибкого или жесткого материала.

Испытания классифицируются по времени достижения предельных значений (30, 60, 90, 120 мин и более).

Основными функциями указанных дымовых преград являются предотвращение распространения опасных факторов пожара (дыма) на путях эвакуации; создание зон безопасности; защита оборудования и имущества; снижение теплового воздействия на элементы здания; а также уменьшение ущерба от опасных факторов пожара.

12) BS EN 15254-6:2014 «Extended application of results from fire resistance tests – Non-loadbearing walls Part 6: Curtain walling» («Расширенное применение

результатов испытания на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 6. Экранные стены» [46].

Расширенное применение – это прогноз параметров противопожарных конструкций на основе интерполяции и (или) экстраполяции результатов испытаний.

Данный стандарт описывает параметры и характеристики экранных стен.

Предусматривается испытание на огнестойкость по следующим параметрам:

- E (потеря целостности);
- EW (потеря целостности и достижение предельной величины плотности теплового потока);
- EI (потеря целостности и теплоизолирующей способности).

Определены специальные правила испытаний для противопожарных конструкций, предусматривающие возможность увеличения размеров испытываемой конструкции; возможность испытания для вертикально и горизонтально ориентированных конструкций и включения в испытания дверей и окон; а также возможность распространения результатов испытаний на конструкции любой формы.

13) BS EN 15269-11 (DRAFT prEN 15269-11) «Extended application of test results for fire resistance and/or smoke control for door, shutter and openable window assemblies, including their elements of building hardware – Part 11: Fire resistance of operable fabric curtains» («Расширенное применение результатов испытания на огнестойкость и (или) ограничение задымления для дверей, штор и открываемых окон, включая элементы строительных конструкций здания – Часть 11: Огнестойкость тканевых штор») [47].

Данный стандарт устанавливает требования для вертикально смонтированных штор с механизмом закрытия, движущимся вниз (ручным или механизированным).

14) NFPA 92A «Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences» («Стандарт для систем дымоудаления с использованием защитных экранов и разности давлений») [66].

Стандарт применяется при проектировании, установке, пуско-наладочных работах, эксплуатации и периодических проверках специализированных и многофункциональных систем дымоудаления.

Стандарт устанавливает требования к системам дымоудаления с применением противодымных экранов с целью реализации следующих технических решений:

- организации противодымной защиты эвакуационных лестничных клеток, лифтовых шахт и т. п.;
- поддержания подпора воздуха в зонах безопасности и на путях эвакуации до завершения эвакуации людей;
- ограничения распространения дыма;
- обеспечения защиты жизни и здоровья людей, а также минимизации ущерба.

15) NFPA 221 «Standard for High Challenge Fire Walls, Fire Walls and Fire Barrier Walls» («Стандарт для противопожарных стен повышенной огнестойкости и иных противопожарных преград») [68].

Стандарт содержит требования к проектированию и конструкции противопожарных стен с повышенной огнестойкостью и иных противопожарных преград, предназначенных для разделения зданий на пожарные отсеки, включая защиту проемов и дымогазонепроницаемость.

Установлены минимальные пределы огнестойкости для защиты проемов в противопожарных преградах (ограждающие конструкции лифтовых шахт; лестничных клеток, мусоропроводов и т. п.).

16) NFPA 105 «Standard for Smoke Door Assemblies and Other Opening Protectives» («Стандарт для противопожарных дверей и других защитных средств проемов») [67].

Стандарт содержит основные требования к устройству противопожарных дверей, предназначенных для ограничения распространения на путях эвакуации опасных факторов пожара. Также регламентированы вопросы установки, обслуживания и проведения испытания противопожарных дверей.

17) NFPA 251 «Standard Methods of Tests of Fire Resistance of Building Construction and Materials» («Стандартные методы испытаний на огнестойкость строительных конструкций и материалов») [69].

Стандарт содержит методы испытаний на огнестойкость для элементов и конструкций зданий, а также методы оценки пределов огнестойкости конструкций зданий в зависимости от типа конструкции.

1.4 Отечественные научные исследования по изучению методов предотвращения распространения опасных факторов пожара

Существует большое количество исследований по изучению закономерностей динамики развития пожаров, а также выбору научно-обоснованных технических решений, направленных на предотвращение распространения опасных факторов пожара [112, 113, 115], но вопросы обеспечения пожарной безопасности пассажирских терминалов с учетом их специфических особенностей ранее в научных работах не рассматривались, а изучались только отдельные вопросы обеспечения безопасности.

Заслуживают пристального внимания актуальные научные исследования, направленные на изучение методов предотвращения распространения опасных факторов пожара, которые рассматривались во многих научных работах в области пожарной безопасности современных отечественных ученых А.В. Гомозова, И.Р. Хасанова [106, 107], А.Н. Гилетича [77], В.И. Голованова [8], А.В. Пехотикова [10], Р.В. Мироненко [93].

Так, в работах А.В. Гомозова [9] впервые получены и исследованы:

– данные о закономерностях растекания восходящего потока под перекрытием над очагом горения;

- закономерности указанного течения для каждой из характерных зон, а также границы таких зон;
- профили температур и скоростей в пристенном и струйном приграничных слоях;
- эмпирические зависимости для расчета параметров течения продуктов сгорания под перекрытием;
- критериальные зависимости, описывающие конвективный теплообмен между восходящим потоком над очагом горения и перекрытием;
- новые данные о локальных радиационных тепловых потоках в перекрытии, на основании которых предложены формулы для инженерных расчетов лучистого теплообмена.

А.В. Гомозовым предложена методика расчета нагревания перекрытий, позволяющая прогнозировать поведение данных конструкций в условиях реального пожара.

Кроме того, разработанная методика расчета времени срабатывания тепловых извещателей максимального действия позволяет осуществить выбор научно обоснованных рекомендаций по оптимальному варианту противопожарной защиты объекта, обеспечивающему своевременное обнаружение и тушение пожара, а также сохранность материальных и культурных ценностей.

Полученные закономерности по тепловому и динамическому взаимодействию восходящего потока над очагом горения с перекрытием позволяют сформулировать граничные условия для математического моделирования пожара, существенно уточнить общую физическую картину развития пожара, а также получить более точные сведения о потерях тепла в перекрытии при расчете теплового баланса пожара.

Основные закономерности термосилового деформирования сжатых и изгибаемых стальных элементов с учетом деформации температурной ползучести и различных режимов огневого воздействия изучены в работах В.И. Голованова [8].

Также предложена математическая модель расчета деформирования

стальных балок в условиях огневого воздействия с учетом температурной ползучести стали, позволяющая определить влияние скорости нагрева на процесс деформирования балки.

Кроме того, разработан новый метод определения устойчивости сжатия стальных стержней для оценки влияния гибкости, величины статической нагрузки, скорости нагрева, марки стали на критическую температуру и деформацию этих стержней при нестационарных режимах нагрева.

В рамках научной работы предложен новый метод определения кратковременной температурной ползучести стали при растягивающем и сжимающем напряжении и стационарном и нестационарном режиме нагрева.

Впервые установлена взаимосвязь между прочностными и деформативными свойствами исследованных марок стали и температурными режимами в условиях огневого воздействия, а также показана возможность оценки необратимых температурных деформаций стали.

Также предложена методика определения огнезащитных свойств покрытий и облицовок для стальных конструкций, позволяющая выбрать наиболее эффективный вариант огнезащиты, а также научно-методические основы такого выбора.

В рамках работы решена проблема оценки предела огнестойкости с учетом условий эксплуатации конструкций, различных условий огневого воздействия.

Разработаны расчетные и экспериментальные методы оценки несущей способности изгибаемых стальных конструкций, а также инженерные методы оценки предела огнестойкости стальных конструкций по критическим деформациям для задач математического моделирования процесса деформирования стальных балок в условиях различных режимов огневого воздействия.

Результаты работ В.И. Голованова позволяют сформулировать требования по выбору огнезащитных материалов для различных типов стальных конструкций с нормируемым пределом огнестойкости.

В работах А.В. Пехотикова [10] исследованы прочностные и

деформативные характеристики новых марок сталей при их испытаниях на растяжение и на ползучесть при повышенных температурах. Кроме того, определены температурные зависимости теплофизических характеристик новых огнезащитных материалов для стальных конструкций.

Также разработана модель процесса деформирования стальных балок с учетом температурной ползучести стали, позволяющая учитывать различные режимы нагрева стали и рассчитывать огнестойкость изгибаемых стальных конструкций с огнезащитой.

Предложено использование нового расчетного метода для оценки огнестойкости изгибаемых стальных конструкций при нестандартном проектировании (для уникальных зданий и сооружений) на основании математической модели деформированного состояния балки.

В работах Р.В. Мироненко [93] впервые установлено значение интегральной интенсивности излучения пламени, а также получены уточненные данные по коэффициентам пропускающей и поглощающей способности закаленного стекла.

Созданы научные предпосылки для нормирования требований пожарной безопасности к ширине многосветного помещения (атриума), выполняющего функции противопожарной преграды, а также разработан алгоритм, позволяющий обосновать необходимую его ширину.

При этом следует отметить, что научно-обоснованные технические решения для предотвращения распространения опасных факторов пожара в пассажирских терминалах с массовым пребыванием людей в целом в научных работах не рассматривались, а изучались только отдельные вопросы обеспечения пожарной безопасности.

Учитывая изложенное, для обеспечения пожарной безопасности пассажирских терминалов с массовым пребыванием людей актуальным представляется разработка научно-обоснованных технических решений для предотвращения распространения опасных факторов пожара, а также разработка расчетных методов, учитывающих закономерности динамики развития пожаров.

1.5 Выводы по главе 1

Выполненный аналитический обзор в пп. 1.1–1.5 настоящей главы позволил выявить наиболее важные проблемы предотвращения распространения опасных факторов пожара в пассажирских терминалах, а также установить эффективность применения альтернативных технических решений, в том числе экранных стен. В частности, по результатам анализа:

1. Выявлена необходимость изучения закономерностей проявления опасных факторов пожара с учетом специфики объектов защиты (многофункциональность, значительные открытые площади, массовое скопление людей, в том числе маломобильных), а также технологических особенностей.

Кроме того, установлено, что аналитические (статистические) данные по массовым скоплениям пассажиров в залах ожидания, а также в помещениях выдачи багажа, в том числе при форс-мажорных обстоятельствах отсутствуют, что создает сложности при выборе требуемого (достаточного) комплекса инженерно-технических и организационных мероприятий.

2. Нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности не содержат актуальных требований пожарной безопасности к пассажирским терминалам, в связи с чем, требуется кардинальная переработка всех нормативных положений в части их приведения в соответствие с передовыми достижениями науки и техники, в том числе по внедрению новых технических решений, направленных на предотвращение распространения опасных факторов пожара.

Основной проблемой проектирования системы обеспечения пожарной безопасности таких зданий является необходимость их деления на пожарные отсеки. Традиционные способы труднореализуемы из-за особенностей объемно-планировочных и конструктивных решений (многофункциональность, значительные открытые площади, массовое скопление людей) [92, 109, 115].

3. Установлено, что для зданий пассажирских терминалов необходимо проводить исследования, направленные на установление научно обоснованных

требований к новым видам противопожарных преград (экраным стенам), способным эффективно обеспечить ограничение распространения пожара [92].

4. Научно обоснованные требования к экраным стенам должны основываться на расчетных методах, учитывающих закономерности динамики развития пожаров.

По результатам аналитического обзора, представленного в главе 1, для реализации основной цели исследования были поставлены следующие задачи исследования:

1. Проанализировать противопожарное состояние наиболее крупных пассажирских терминалов в Российской Федерации для разработки методик, направленных на снижение пожарной опасности.

2. Разработать адаптированные и апробированные модели экспериментальной оценки огнестойкости экранных стен, а также математическую модель соответствующей функциональной зависимости.

3. Определить пожарно-технические параметры материалов для заполнения и предлагаемую конструкцию экранной стены с учетом высокотемпературного воздействия.

4. Исследовать закономерности процессов распространения опасных факторов пожара при применении экранных стен и установить функциональную зависимость пожарно-технических характеристик от высокотемпературного воздействия.

5. Разработать предложения по установлению параметров экранных стен, а также рекомендации по применению экранных стен в пассажирских терминалах, обеспечивающих предотвращение распространения пожара.

ГЛАВА 2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Выбор методов исследования

Основой экспериментальных исследований послужили классическая теория тепломассообмена при пожаре, адаптированные методики определения теплового излучения, а также испытания на огнестойкость с учетом предполагаемой области применения экранных стен, а также разработанной конструктивной схемы и ожидаемых пожарно-технических характеристик.

2.1.1 Экспериментальный метод определения влияния теплового потока

В качестве метода исследования для определения пожарно-технических характеристик материала экранных стен рассмотрена возможность применения апробированного метода определения теплового излучения падающего теплового потока [19].

Указанный метод разработан на основании анализа причин распространения пожара между объектами защиты и учитывает наличие лучистого теплообмена [15]. Конвективной составляющей теплового потока пренебрегают, так как при пожарах она всегда направлена вверх и не влияет на степень нагрева облучаемого объекта [21].

В основу метода положена классическая теория теплообмена излучением. Сущность задачи сводится к сопоставлению реальной (падающей) плотности теплового потока для облучаемого объекта $q_{\text{пад}}$ с максимально допустимой $q_{\text{доп}}$. [11].

Условие безопасности выполняется, если $q_{\text{пад}} \leq q_{\text{доп}}$.

В данном случае допускаемая интенсивность облучения является экспериментальной величиной.

В целях определения указанной величины проведем соответствующие экспериментальные исследования [14].

Итак, в соответствии с теорией процессов горения падающий тепловой поток на образец частично отражается, частично поглощается и частично пропускается (рисунок 2.1) [93].

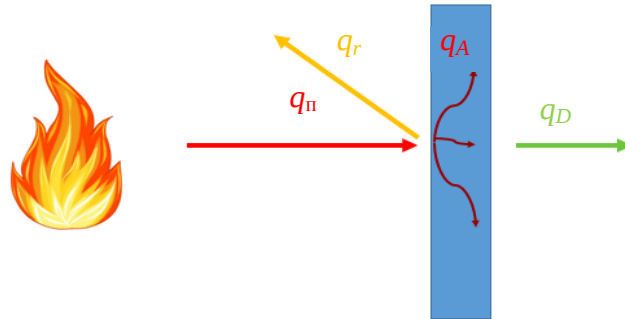


Рисунок 2.1 – Схема взаимодействия падающего теплового потока с образцом:

$q_{\text{п}}$ – падающий тепловой поток, Вт/м²; q_r – отраженный тепловой поток, Вт/м²; q_A – поглощенный тепловой поток, Вт/м²; q_D – пропущенный сквозь тело тепловой поток, Вт/м²

Если указанные тепловые потоки отнести к падающему тепловому потоку, то уравнение сохранения энергии записывается формулой:

$$q_{\text{п}} = q_r + q_A + q_D, \quad (2.1)$$

где $q_{\text{п}}$ – падающий тепловой поток, Вт/м²; q_r – отраженный тепловой поток, Вт/м²; q_A – поглощенный тепловой поток, Вт/м²; q_D – пропущенный сквозь тело тепловой поток, Вт/м².

Чтобы определить, какая доля падающего теплового потока отражается, поглощается или проходит сквозь образец, формула представляется в безразмерном виде (каждый член формулы делится на падающий тепловой поток):

$$1 = R + A + D, \quad (2.2)$$

где R – коэффициент отражательной способности тела; A – коэффициент поглощательной способности тела; D – коэффициент пропускающей способности тела.

Исследование температурного режима и критических величин падающего теплового потока при применении экранных стен основывается на определении

коэффициентов отражательной, поглощательной и пропускающей способности представленного образца.

Для определения указанных коэффициентов предусматривается проведение серии экспериментов, в ходе которых адаптированы экспериментальные стенды для возможности определения обозначенных коэффициентов (рисунок 2.2).

Установка для определения коэффициентов отражательной, поглощательной и пропускающей способности представлена на рисунке 3.1.

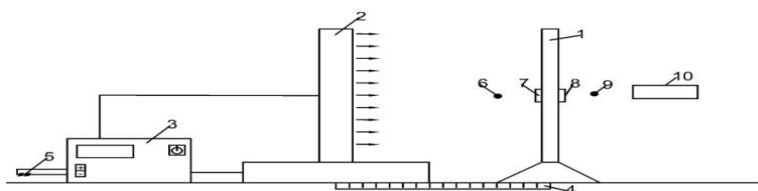


Рисунок 2.2 – Схема стенда:

1 – образец материала; 2 – радиационная панель; 3 – блок управления; 4 – линейка для определения расстояния от панели до образца;

5 – источник питания электроэнергией; 6 – термопара 1; 7 – термопара 2;

8 – термопара 3; 9 – термопара 4; 10 – приемник теплового потока

Данные с приемника теплового потока учитываются с помощью мультиметра UNI-T UT60A (рисунок 2.3). Диапазон измерения напряжения – от 0,1 мВ до 1000 В. Погрешность мультиметра при измерении напряжения – 1 %.



Рисунок 2.3 – Мультиметр UNI-T UT60A

Запись данных на компьютер с термопар осуществляется с помощью термометра многоканального ТМ 5131 (рисунок 2.4). Диапазон измерения температуры от -50 до $+2500$ °С. Погрешность прибора – 0,25 %.



Рисунок 2.4 – Термометр многоканальный ТМ 5131

Измерение температуры поверхности образца производится с помощью лепестковых термопар «хромель-алюмель» (рисунок 2.5). Диапазон измерения температур термопары от -40 до 600 °С.



Рисунок 2.5 – Лепестковые термопары типа «хромель-алюмель»

Температура среды измеряется с помощью корольковых термопар типа «хромель-алюмель» (рисунок 2.6). Диапазон измерения температур термопары от -40 до 1000 °С.

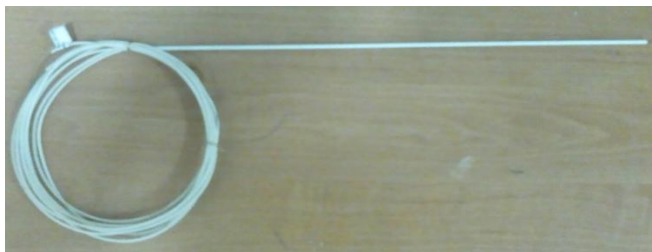


Рисунок 2.6 – Корольковые термопары типа «хромель-алюмель»

Материал подвергался воздействию теплового потока 45–65 минут. Фиксация температуры осуществлялась каждую секунду.

Данные испытания позволят определить возможность применения предлагаемого материала для устройства экранных стен. Для определения поведения конструкции экранной стены при высокотемпературном воздействии требуется проведение крупномасштабных испытаний указанной конструкции в сборке.

2.1.2 Экспериментальный метод испытания на огнестойкость

Для определения пределов огнестойкости представленного образца экранной стены предложено применение метода испытаний на огнестойкость в соответствии с ГОСТ 30247.1–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции» [13, 27].

Данный метод допустим к применению для несущих, самонесущих и навесных стен и перегородок и может быть использован для аналогичных конструкций экранных стен [14, 24, 110].

Исследование основных пожарно-технических характеристик экранных стен и закономерностей их поведения в условиях огневого воздействия осуществляется на основании испытаний экранных стен с учетом предполагаемой области их применения, а также предлагаемой конструктивной схемы.

В целях реализации обозначенной задачи по определению предельного состояния предлагаемой экранной стены по признаку потери теплоизолирующей способности предлагается опытный образец размером в плане $B \times H = 3000 \times 3000$ мм, представляющий собой многослойную конструкцию, состоящую

из каркаса и теплоизолирующей обшивки. Для заполнения указанной обшивки предлагается применение материалов, предварительно испытанных по критической плотности теплового потока [90].

Размеры каждого из составляющих элементов образца: $100 \times 100 \times 2-3$ см, масса одного образца: 8,5–9,3 кг.

Одинарный стальной тонкостенный каркас из оцинкованных профилей КНАУФ (ТУ 1121-012-04001508-2011) выполняется из стоечных профилей ПС 75/50 и направляющих профилей ПН 75/40. Толщина стенок профилей всех типов составляет 0,6 мм. Стоечные профили устанавливаются с шагом 500 мм в направляющие профили и скрепляются между собой с помощью самонарезающих стальных шурупов диаметром 3,5 мм и длиной 25 мм.

В качестве теплоизолирующей обшивки с обогреваемой стороны конструкции устанавливаются панели габаритными размерами $B \times H = 1000 \times 1000$ мм, толщиной около 30 мм. Каждая из панелей состоит из двух слоев фольгированного базальтового волокна МБОР-5Ф, склеенных между собой (нефольгированными сторонами) огнезащитным составом ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

Крепление теплоизолирующей обшивки к каркасу осуществляется «в нахлест» с помощью самонарезающих стальных шурупов диаметром 3,5 мм и длиной 25 мм с круглыми тарельчатыми держателями «Технониколь» диаметром 50 мм с шагом не более 200 мм (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Фрагмент конструкции с заполнением материалом образца

Данная конструкция разработана впервые с учетом предполагаемой области применения экранных стен, а также наиболее оптимальной конструктивной схемы и наиболее целесообразных материалов заполнения, обеспечивающих ожидаемые пожарно-технические характеристики.

В целях исключения избыточных материальных затрат на проведение крупномасштабных испытаний при изменении геометрических параметров экранных стен целесообразно установить соответствующую функциональную зависимость, позволяющую оценивать предел огнестойкости расчетными методами.

2.1.3 Математический метод исследования предела огнестойкости экранных стен

Оценка предела огнестойкости экранной конструкции проводится путем решения теплотехнической задачи прогрева строительных конструкций в условиях нестационарного теплового воздействия при стандартном режиме пожара.

При расчете теплового состояния произвольных конструкций решается задача нахождения нестационарного поля температур в заранее известной области. При этом возможно несколько подходов: экспериментальный, аналитический и численный.

Опытные данные по испытаниям конструкций, аналогичных рассматриваемым (см. п. 3.2), позволяют определить предел огнестойкости без проведения огневых испытаний. В данном случае используется численный подход решения задачи.

В качестве метода решения используется метод конечных элементов (далее – МКЭ). В основе метода лежит принцип деления исследуемой области на совокупность подобластей с заданными теплофизическими характеристиками.

Численное моделирование прогрева рассматриваемых строительных конструкций в условиях пожара предусматривается при помощи вычислительного

комплекса Ansys Mechanical, позволяющего провести теплотехнический расчет конструкции на основе ее программной модели.

В математическое описание нагрева произвольных конструкций входит дифференциальное уравнение, описывающее распространение тепла в твердом теле, с известными теплофизическими свойствами, а также начальные и граничные условия.

Условия однозначности для решения дифференциального уравнения теплопроводности численными методами включают:

1. Геометрические свойства системы (ее форму и размеры).
2. Граничные условия, учитывающие взаимодействие с окружающей средой.
3. Временные (начальные) условия, характеризующие состояние системы в начальный момент времени.
4. Теплофизические свойства, содержащие физические константы материалов рассматриваемой системы.

Будем полагать, что материалы, из которых состоит экран, обладают изотропными теплофизическими свойствами, и внутренние источники тепла отсутствуют.

Геометрические свойства системы. Конструкция экрана представляет собой совокупность трех слоев изотропных материалов, непосредственно соприкасающихся друг с другом. Геометрическая модель системы ввиду изотропности входящих в ее состав материалов принята в виде фрагмента, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда с размерами $0,1 \times 0,1$ м, со слоями различной толщины, в зависимости от исследуемого типа конструкции экрана. Геометрическая модель конструкции показана на рисунке 2.8.

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 5ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: $8,0\text{--}8,7$ кг/м². Конечно-элементная модель показана на рисунке 2.9.

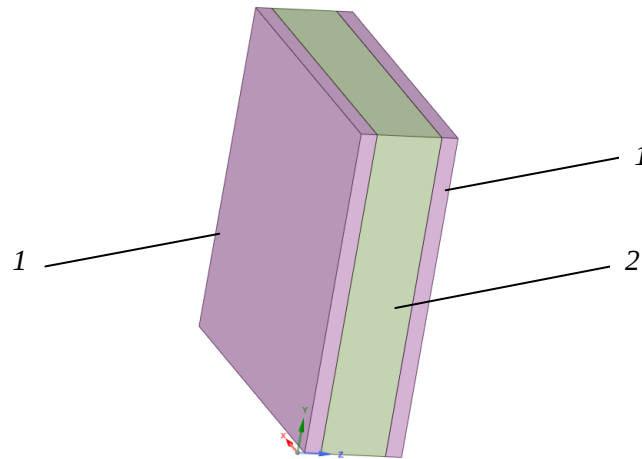


Рисунок 2.8 – Фрагмент исследуемого экрана $0,1 \times 0,1 \times 0,03$ м. Геометрическая модель:
1 – слой конструкции (экранной стены), обшивка; 2 – слой огнезащиты между слоями обшивки

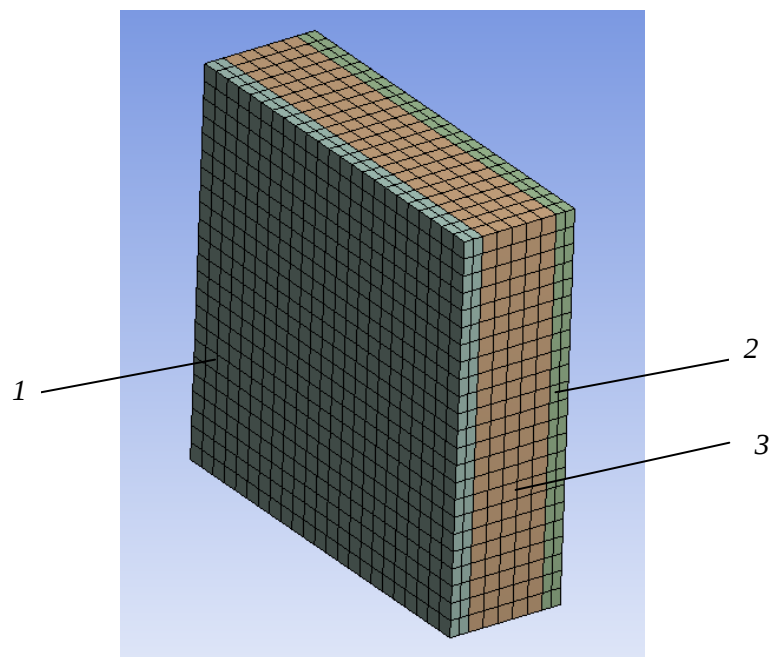


Рисунок 2.9 – Фрагмент исследуемого экрана $0,1 \times 0,1 \times 0,03$ м. Конечно-элементная модель:
1, 2 – слой конструкции (экранной стены), обшивка; 3 – слой огнезащиты между слоями обшивки

Граничные условия, учитывающие взаимодействие с окружающей средой.
Используются граничные условия 3-го рода, представляющие собой закон изменения температуры окружающей среды и закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.

Для условий пожара в качестве закона изменения температуры окружающей среды принимается режим пожара – «стандартный» по ГОСТ 30247.0–94 [26].

Изменение коэффициента теплоотдачи системы «огневая камера» – «поверхность экрана» задается зависимостью [76]:

$$\alpha = 29 + 5,77\varepsilon_{red} \frac{\left(\frac{T_a}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_0}{100}\right)^4}{T_a - T_0}. \quad (2.3)$$

Временные (начальные) условия состояния системы. Закон распределения температуры внутри тела в начальный момент времени (при $\tau = 0$): $t = t_0 = \text{const} = 20^\circ\text{C}$.

Теплофизические свойства материалов модели. По данным производителя материала МБОР [72]:

- поверхностная плотность базальтового огнезащитного рулонного материала 600–2000 г/м²;
- влажность по массе 2%;
- начальное значение коэффициента теплопроводности материала МБОР составляет 0,033 Вт/(м·К) (при 25 °С).

По данным производителя материала ОВПФ-1М [42]:

- плотность огнезащитного состава во вспученном состоянии 19,5 кг/м³.

Ввиду отсутствия достоверных данных о температурных зависимостях коэффициента теплопроводности и теплоемкости материалов конструкции, необходимых для численного решения задачи прогрева конструкции при пожаре, требуются дополнительные исследования для определения указанных теплофизических характеристик.

2.2 Выводы по главе

По результатам анализа действующих нормативных положений в области пожарной безопасности были определены наиболее оптимальные и достоверные методики, позволяющие установить пожарно-технические характеристики материала и конструкции экранных стен.

В рамках проведенного анализа установлено, что предложенные методики позволят осуществить выбор материалов и конструкции экранных стен, а также достоверно определить их пожарно-технические параметры, в том числе с применением расчетных методов (установленной функциональной зависимости).

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКРАННЫХ СТЕН

3.1 Исследование температурного режима и критических величин падающего теплового потока при применении экранных стен

Исследование температурного режима и критических величин падающего теплового потока при применении экранных стен основывается на определении коэффициентов отражательной, поглощательной и пропускающей способности представленного образца.

Для определения указанных коэффициентов проведена серия экспериментов, в ходе которой адаптированы экспериментальные стенды для возможности определения обозначенных коэффициентов.

Установка для определения коэффициентов отражательной, поглощательной и пропускающей способности представлена на рисунке 3.1.

Испытания проведены для 9 образцов размером 20×20 см, толщиной 1,5 см. Заполнение образца специальным теплоизоляционным материалом составляет около 85–90 %.

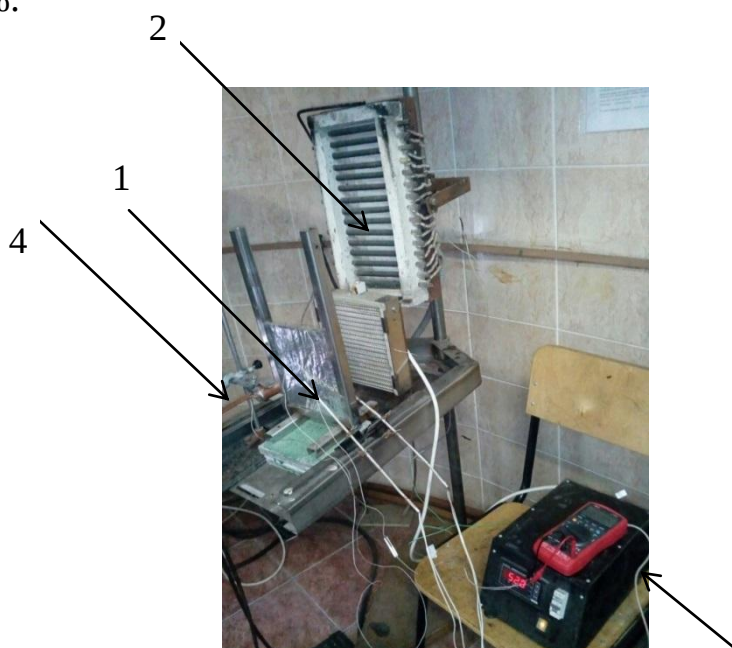


Рисунок 3.1 – Установка для проведения эксперимента

1 – образец материала; 2 – радиационная панель; 3 – блок управления;

4 – приемник теплового потока

В таблице 3.1 представлены результаты экспериментальных исследований – значения критической плотности падающего лучистого теплового потока для различных параметров образца, где критическая плотность падающего лучистого теплового потока – величина, зависящая от времени воздействия на материал.

Таблица 3.1 – Результаты экспериментальных исследований теплового излучения

Заполнение материалом образца (плита из специального теплоизоляционного материала толщиной 15±1 мм с покрытием ОВПФ-1М), мм	Среднее значение $q_{кр}$, кВт/м ² , при продолжительности облучения, мин					
	5	10	15	20	25	30
1	4,02	4,53	4,72	6,03	8,75	10,10
2	3,21	3,64	3,89	4,95	7,62	8,96
3	2,13	2,55	2,85	3,80	6,54	7,91

Предложенный метод определения теплового излучения q направлен на оценку поведения образца при условии максимального заполнения конструкции при огневом воздействии (в условиях пожара) специальным теплоизоляционным материалом.

В результате эксперимента установлено, что при применении предлагаемого материала критические плотности падающего теплового потока в рамках проведения испытания не достигаются. Следовательно, предлагаемый материал обеспечивает требуемые пожарно-технические характеристики и может быть рекомендован в качестве материала заполнения экранных стен.

Вместе с тем для оценки поведения экранной стены в целом целесообразно разработать соответствующую конструктивную схему и оценить ее в рамках крупномасштабных испытаний.

3.2 Исследование основных пожарно-технических характеристик экранных стен и закономерностей их поведения в условиях огневого воздействия

Исследование основных пожарно-технических характеристик экранных стен и закономерностей их поведения в условиях огневого воздействия осуществляется на основании испытаний экранных стен с учетом предполагаемой области их применения, а также предлагаемой конструктивной схемы. Проведение испытаний предусматривается в соответствии с ГОСТ 30247.1–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» [23, 27, 31].

В процессе испытания образец устанавливался на проем кирпичной стены толщиной 250 мм при помощи стальных кронштейнов (по три на каждую сторону).

Огневое воздействие на образец производилось со стороны теплоизолирующей обшивки.

Характерные особенности поведения конструкции в процессе проведения испытания:

0 мин – начало испытания (рисунок 3.2.);

7 мин – начало отслаивания фольги левой нижней огнезащитной панели с необогреваемой стороны;

14 мин – отслаивание фольги на всех огнезащитных панелях с необогреваемой стороны;

15 мин – частичное выгорание фольги с обогреваемой стороны;

19 мин – начало выделения газообразных продуктов из стыков огнезащитных панелей с необогреваемой стороны;

24 мин – увеличение выделения газообразных продуктов из стыков огнезащитных панелей с необогреваемой стороны;

47 мин – незначительный прогиб образца в центральной части в обогреваемую сторону;

48-59 мин – поведение конструкции без существенных изменений;

60 мин – испытание прекращено (рисунок 3.3).



Рисунок 3.2 – Образец до испытания



Рисунок 3.3 – Образец после прекращения
испытания

Показания термопар при проведении испытаний представлены на рисунке 3.4.

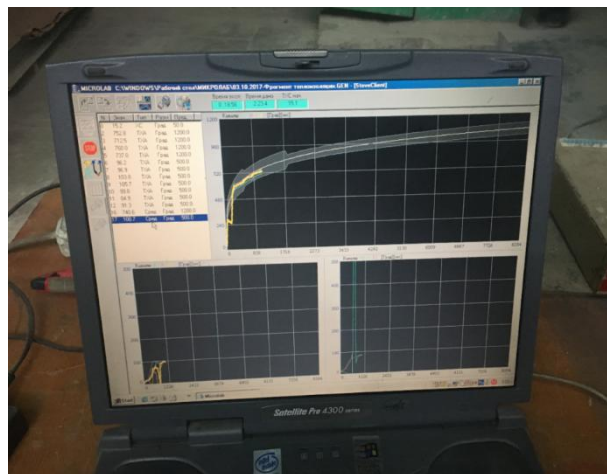


Рисунок 3.4 – Показания термопар при проведении испытаний

Изменения температур в контролируемых точках (рисунок 3.5) при испытании образца представлены на рисунках 3.6–3.10.

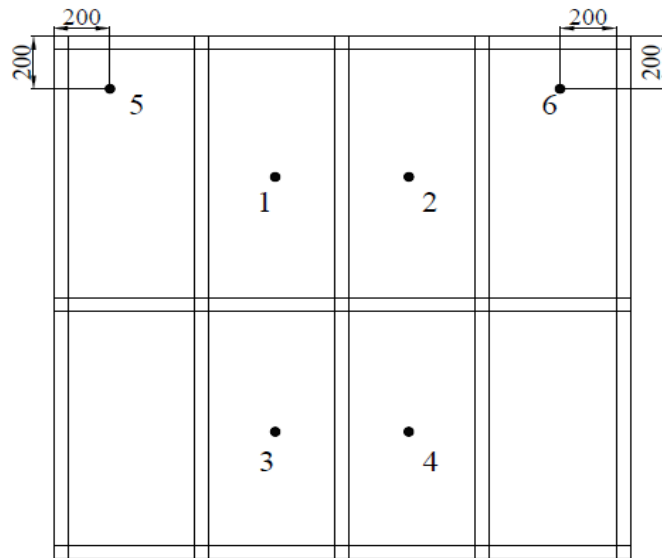


Рисунок 3.5 – Схема расстановки термоэлектрических преобразователей:

● – термоэлектрические преобразователи на необогреваемой поверхности (номера 1–6)

Избыточное давление в огневой камере печи в верхнем уровне образцов через 5 мин от начала испытаний и до их окончания составляло (10 ± 2) Па (см. рисунок 3.6).

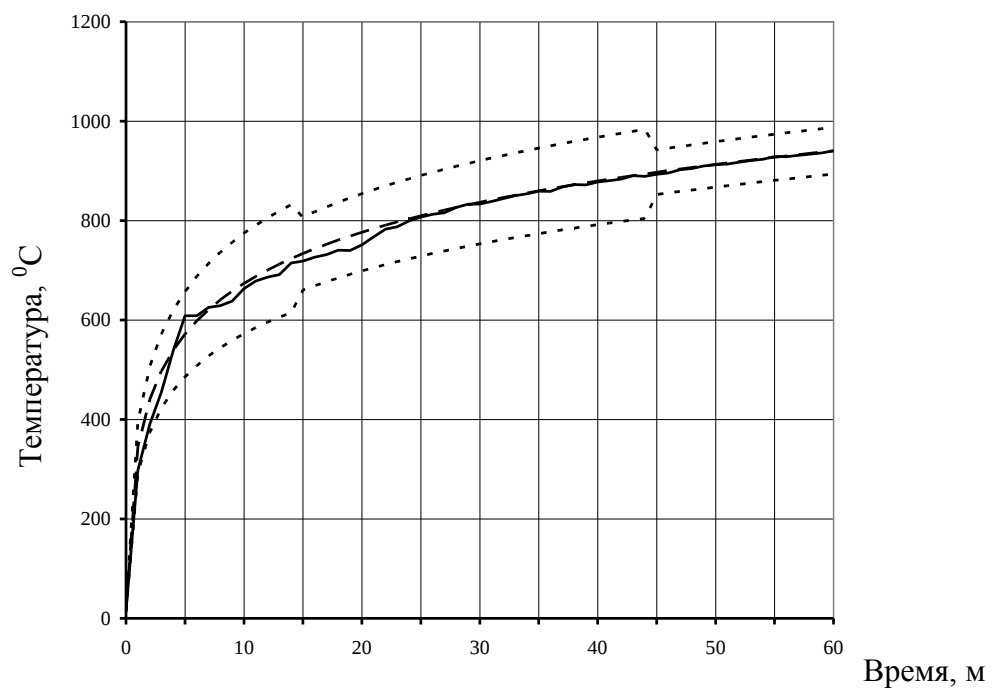


Рисунок 3.6 – Изменение температуры в огневой камере печи:

- — — стандартный температурный режим;
- · · — верхняя и нижняя границы стандартного температурного режима;
- — — средняя температура среды в огневой камере печи

По результатам обработки экспериментальных данных установлено:

1. Повышение температуры на необогреваемой поверхности левой верхней огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180°C (195°C) зафиксировано на 49 минуте испытания (см. рисунок 3.7).

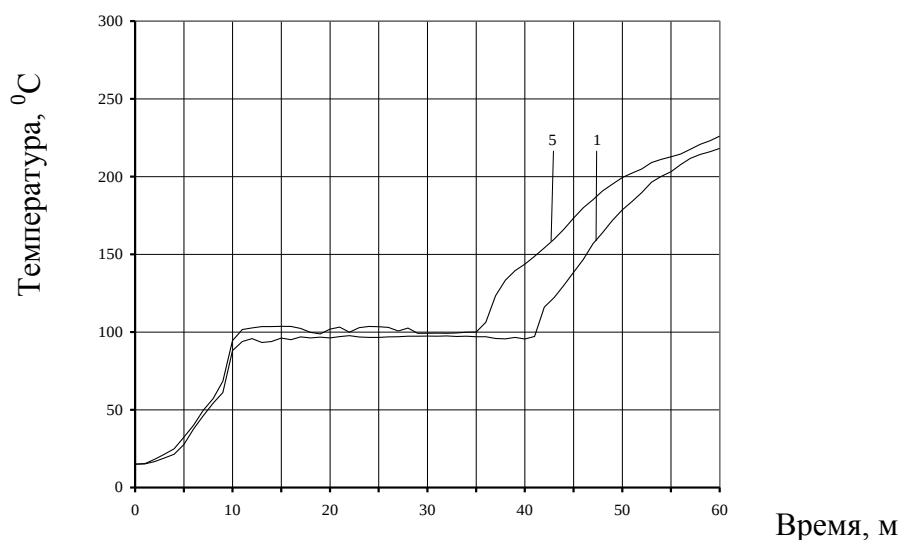


Рисунок 3.7 – Показания термоэлектрических преобразователей 1, 5, установленных на левой верхней огнезащитной панели при испытании образца

2. Повышение температуры на необогреваемой поверхности правой верхней огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180°C (195°C) зафиксировано на 51 минуте испытания (см. рисунок 3.8).

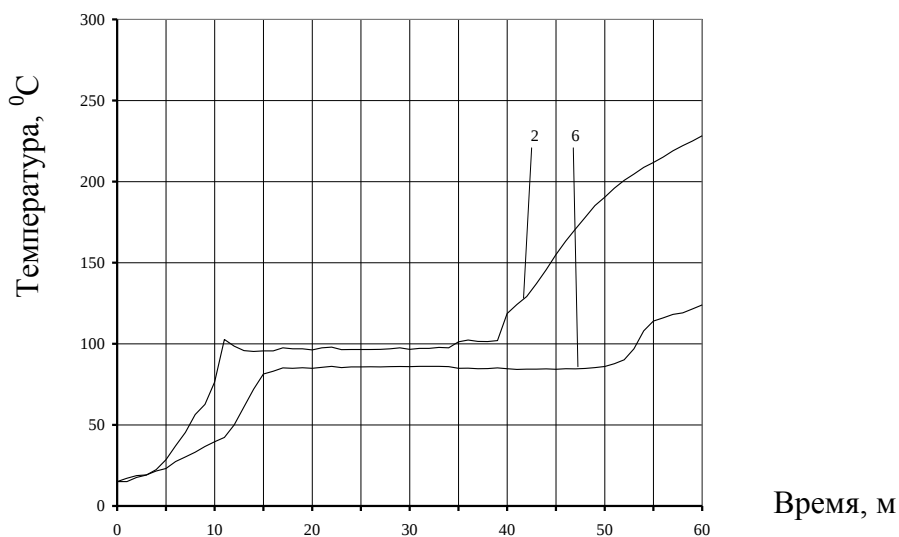


Рисунок 3.8 – Показания термоэлектрических преобразователей 2, 6, установленных на правой верхней огнезащитной панели

3. Повышение температуры на необогреваемой поверхности левой нижней огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180°C (195°C) зафиксировано на 31 минуте испытания (см. рисунок 3.9).

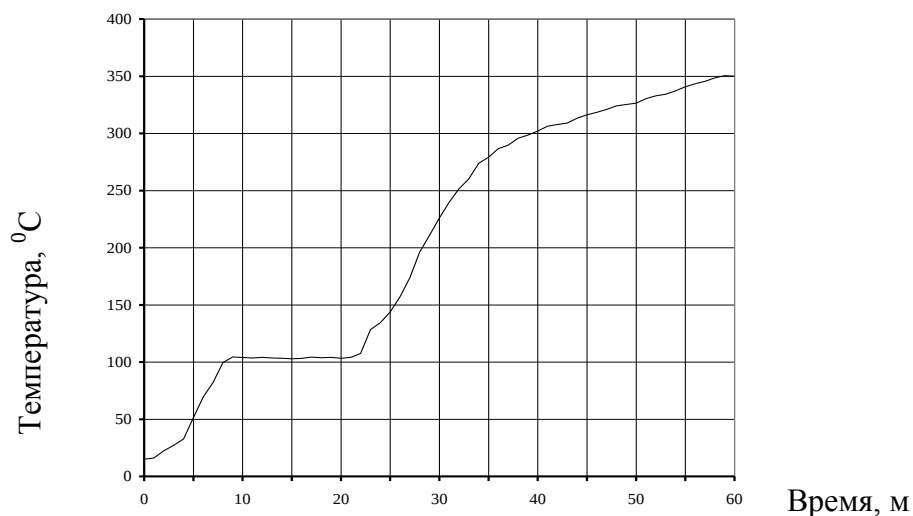


Рисунок 3.9 – Показания термоэлектрического преобразователя 3, установленного на левой нижней огнезащитной панели

4. Повышение температуры на необогреваемой поверхности правой нижней огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180°C (195°C) зафиксировано на 59 минуте испытания (см. рисунок 3.10).

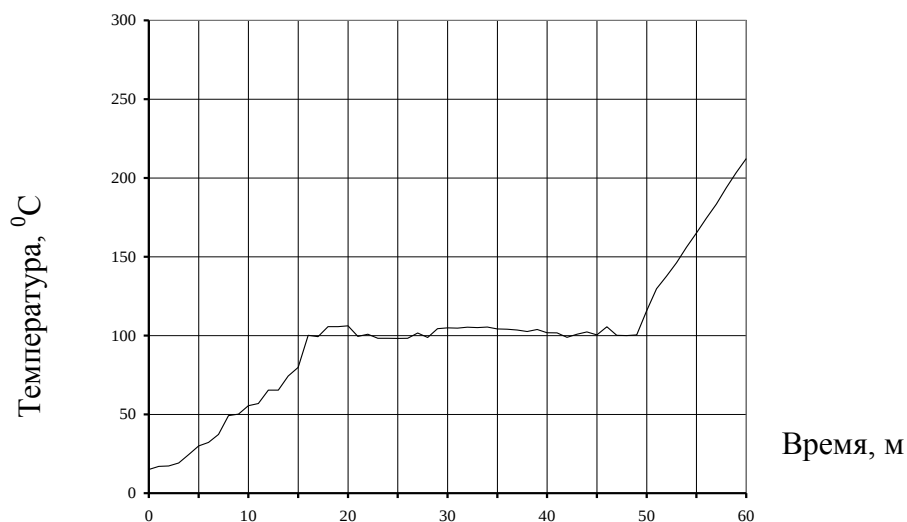


Рисунок 3.10 – Показания термоэлектрического преобразователя 4, установленного на правой нижней огнезащитной панели

В рамках проведенных испытаний установлено, что предлагаемая конструктивная схема экранной стены обеспечивает фактический предел огнестойкости не менее EI 30.

В целях исключения избыточных материальных затрат на проведение крупномасштабных испытаний при изменении геометрических параметров экранных стен целесообразно определить соответствующую функциональную зависимость, позволяющую оценивать предел огнестойкости расчетными методами.

3.3 Математическое моделирование функциональной зависимости предела огнестойкости от конструктивного решения экранной стены

3.3.1. Исследование закономерностей теплофизических характеристик от конструктивного решения экранной стены

Общая схема проведенных исследований соответствует решению обратной задачи теплопроводности, при решении которой устанавливаются такие значения теплопроводности и теплоемкости материала, при которых результаты численного расчета совпадают с результатами прогрева, полученными при лабораторных испытаниях образцов.

При этом в процессе решения обратной задачи теплопроводности учитывались закономерности протекающих процессов во влажных материалах. Так при численном моделировании прогрева учитывалось влияние начального влагосодержания в материале и волна повышенного влагосодержания на теплопроводность материалов, а также учитывалось влияние фазовых превращений влаги в структуре прогреваемого материала на его теплоемкость [76, 96].

Таблица 3.2 – Зависимость коэффициента теплопроводности материала МБОР от температуры нагрева

Температура нагрева, °C	Коэффициент теплопроводности, Вт/м°C
20	0,302
80	0,32
100	0,0249
110	0,0079
150	0,023
200	0,0229
220	0,0225
250	0,0219
300	0,0209
350	0,0199
400	0,0189

Таблица 3.3 – Зависимость коэффициента теплоемкости материала МБОР от температуры нагрева

Температура нагрева, °C	Коэффициент теплоемкости, Дж/кг°C
20	1728
80	1734
100	1834
195	1834
200	1746
300	1756
400	1766

Таблица 3.4 – Зависимость коэффициента теплопроводности материала ОВФ-1М от температуры нагрева

Температура нагрева, °C	Коэффициент теплопроводности, Вт/м°C
20	20
80	80
100	100
110	195
150	200
200	300
220	400
250	20
300	80
350	100
400	195

Таблица 3.5 – Зависимость коэффициента теплоемкости материала ОВФ-1М от температуры нагрева

Температура нагрева, °C	Коэффициент теплоемкости, Дж/кг°C
20	1812
80	1850
100	4500
195	4500
200	1925
300	1988
400	2051

По результатам проведенных исследований получены температурные зависимости коэффициента теплопроводности и теплоемкости локальных объемов материалов, учитывающие их влагосодержание, которые приведены в таблицах 3.2–3.5.

3.3.2. Программная модель конструкции экрана

На основании разработанной в п. 3.3.1 программной модели конструкции экрана с использованием полученных в п. 3.3.2 температурных зависимостей теплофизических параметров материалов возможно оценить предел огнестойкости конструкции экрана с использованием выбранного метода численного моделирования.

Для целей достоверности результатов численных расчетов проводится верификация разработанной программной модели на основе данных об огневых испытаниях аналогичной конструкции. Верификация исходной модели проводится на основе достижения совпадения результатов численного расчета с результатами огневых испытаний аналогичной конструкции. Для целей верификации модели приняты результаты проведенных огневых испытаний натурного фрагмента экранной стены, изложенные в п. 3.2 настоящей диссертации.

Условия численного моделирования принимались аналогичными с условиями проведенных огневых испытаний. На рисунках 3.11 и 3.12 приведены результаты численного расчета прогрева конструкции экрана использованной при проведении огневых испытаний.

Данные к рисунку 3.11 – внешний слой сэндвич-панели: МБОР 5ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0-8,7 кг/м².

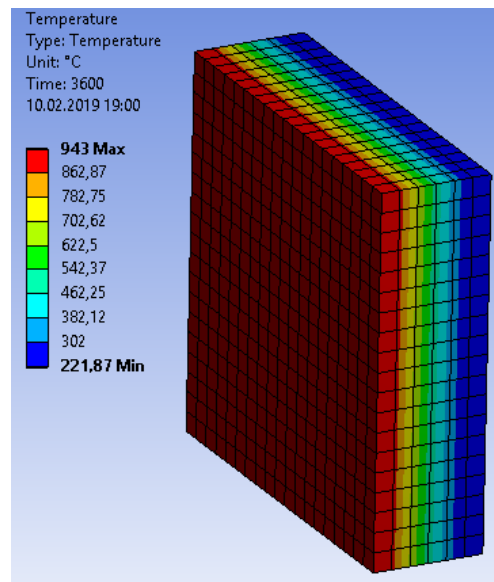


Рисунок 3.11 – Поля температур в сечении исследуемого экрана на момент времени обогрева 60 минут

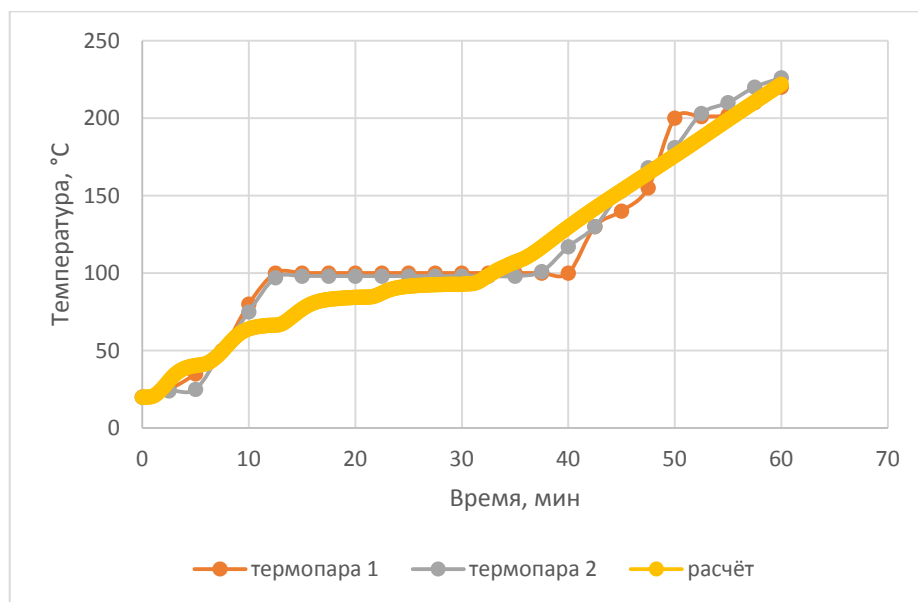


Рисунок 3.12 – Температура на необогреваемой поверхности экранной стены полученная при проведении огневых испытаний и в результате численного расчета

Результаты верификации позволяют сделать следующие выводы:

– определенные в ходе решения обратной задачи эффективные значения коэффициентов теплопроводности и теплоемкости обеспечивают удовлетворительную сходимость результатов численного расчета и результатов огневых испытаний, в том числе и для крупномасштабных испытаний;

– разработанная программная модель может быть использована для дальнейших исследований огнестойкости экрана с его различными геометрическими параметрами;

– дальнейшие исследования огнестойкости экрана будут проводиться для различных значений толщины его наружных слоев (МБОР) с целью построения обобщенной зависимости для возможности последующего аналитического расчета огнестойкости экрана с любыми промежуточными значениями толщины наружных слоев защитного материала.

3.3.3. Расчет огнестойкости конструкции экрана с различными геометрическими параметрами

Представленный производителем ассортимент толщин базальтового огнезащитного рулонного материала включает следующие марки материалов МБОР 5Ф, МБОР 8Ф, МБОР 10Ф, МБОР 13Ф, МБОР 16Ф.

Дальнейшие расчеты проводятся с использованием каждой из последующих марок материала в качестве наружных слоев (рисунок 3.13–3.18).

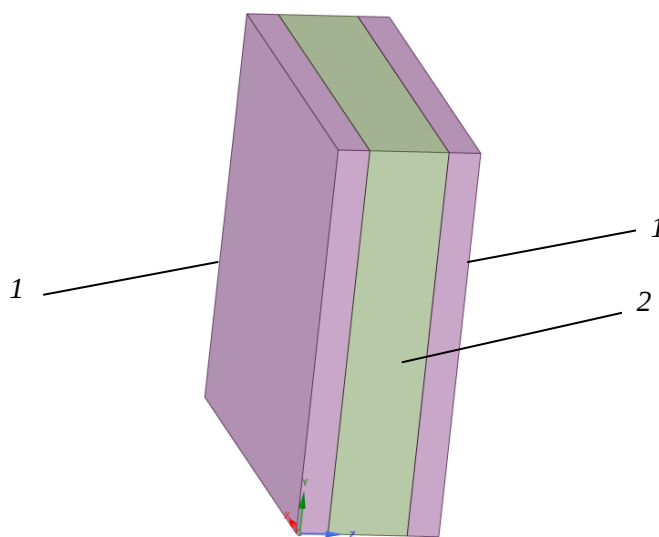


Рисунок 3.13 – Фрагмент исследуемого экрана $0,1 \times 0,1 \times 0,036$ м. Геометрическая модель
1 – слой конструкции (экранной стены), обшивка; 2 – слой огнезащиты между слоями обшивки

1) Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 8ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

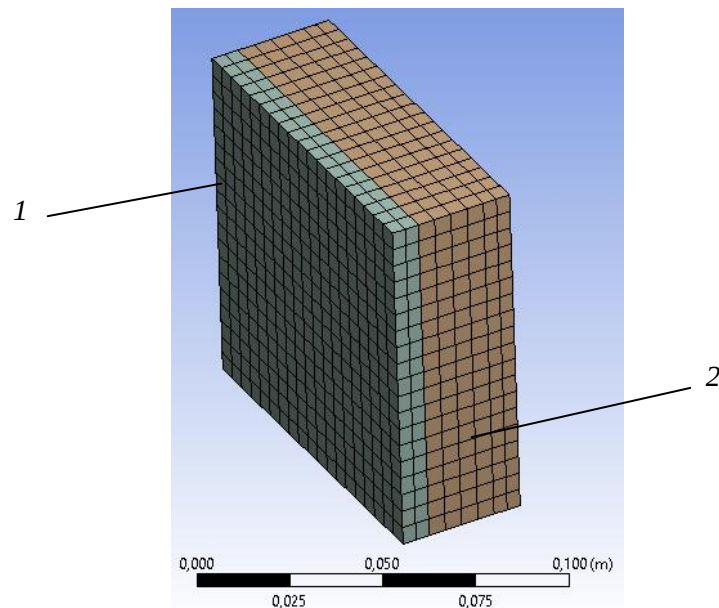


Рисунок 3.14 – Фрагмент исследуемого экрана 0,1×0,1×0,036 м. Конечно-элементная модель:
1 – слой конструкции (экранной стены), обшивка; 2 – слой огнезащиты между слоями обшивки

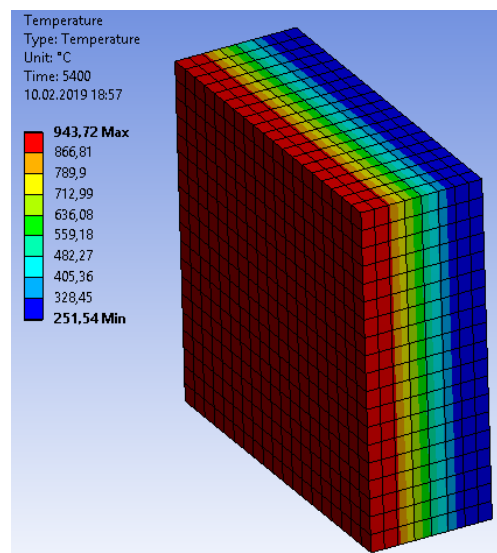


Рисунок 3.15 – Поля температур в сечении исследуемого экрана на момент времени обогрева 90 минут

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 8ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

Повышение температуры на необогреваемой поверхности огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180 °С (200 °С) зафиксировано на 73 минуте испытания.

2) Фрагмент исследуемого экрана 0,1×0,1×0,040 м. Геометрическая модель.

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 10ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

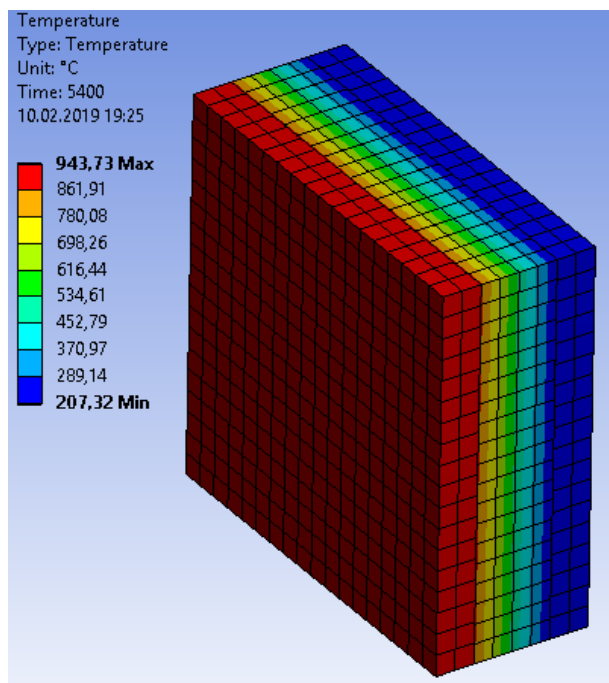


Рисунок 3.16 – Поля температур в сечении исследуемого экрана на момент времени обогрева 90 минут

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 10ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

Повышение температуры на необогреваемой поверхности огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180°С (200°С) зафиксировано на 87 минуте испытания.

3) Фрагмент исследуемого экрана 0,1×0,1×0,046 м.

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 13ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

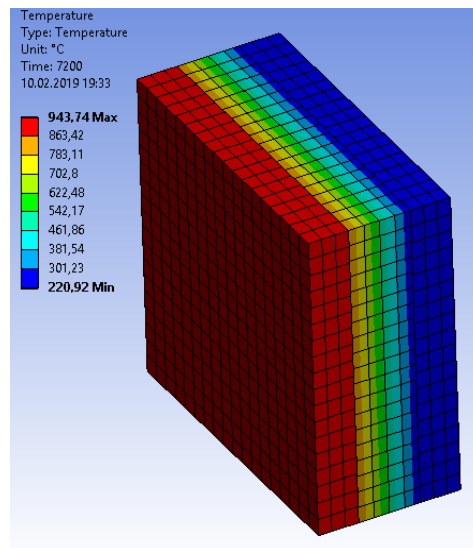


Рисунок 3.17 – Поля температур в сечении исследуемого экрана на момент времени обогрева 120 минут

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 13ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

Повышение температуры на необогреваемой поверхности огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180 °C (200 °C) зафиксировано на 109 минуте испытания.

4) Фрагмент исследуемого экрана 0,1×0,1×0,052 м.

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 16ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м².

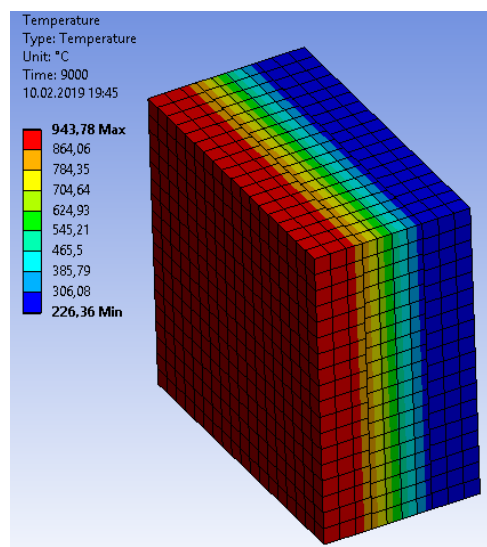


Рисунок 3.18 – Поля температур в сечении исследуемого экрана на момент времени обогрева 150 минут

Внешний слой сэндвич-панели: МБОР 16ф. Внутренний слой: ОВПФ-1М ((ТУ 1523-025-47935838–2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м²).

Повышение температуры на необогреваемой поверхности огнезащитной панели в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180 °С (200 °С) зафиксировано на 133 минуте испытания.

3.4 Математическая модель определения фактического предела огнестойкости экранных стен различной конструкции

3.4.1 Пределы огнестойкости экранных панелей

Обобщенные результаты расчета пределов огнестойкости экранных стен различной конструкции приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчета пределов огнестойкости экранных стен различной конструкции

Внешний слой панелей	Толщина внешнего слоя, мм	Внутренний слой панелей, мм	Толщина внутреннего слоя, мм	Предел огнестойкости*	Обозначение предела огнестойкости
1	2	3	4	5	6
МБОР 5ф	2×5	ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м ² .	20	EI 55	EI 45
МБОР 8ф	2×8	ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м ² .	20	EI 73	EI 60
МБОР 10ф	2×10	ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м ² .	20	EI 87	EI 60
МБОР 13ф	2×13	ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м ² .	20	EI 109	EI 90

Продолжение таблицы 3.6

1	2	3	4	5	6
МБОР 16ф	2×16	ОВПФ-1М (ТУ 1523-025-47935838-2003). Расход огнезащитного состава: 8,0–8,7 кг/м ² .	20	EI 133	EI 120

«*» – установлено на основании численного расчета с учетом результатов огневых испытаний, которые показали, что предельное состояние по потере целостности наступает не ранее потери теплоизолирующей способности.

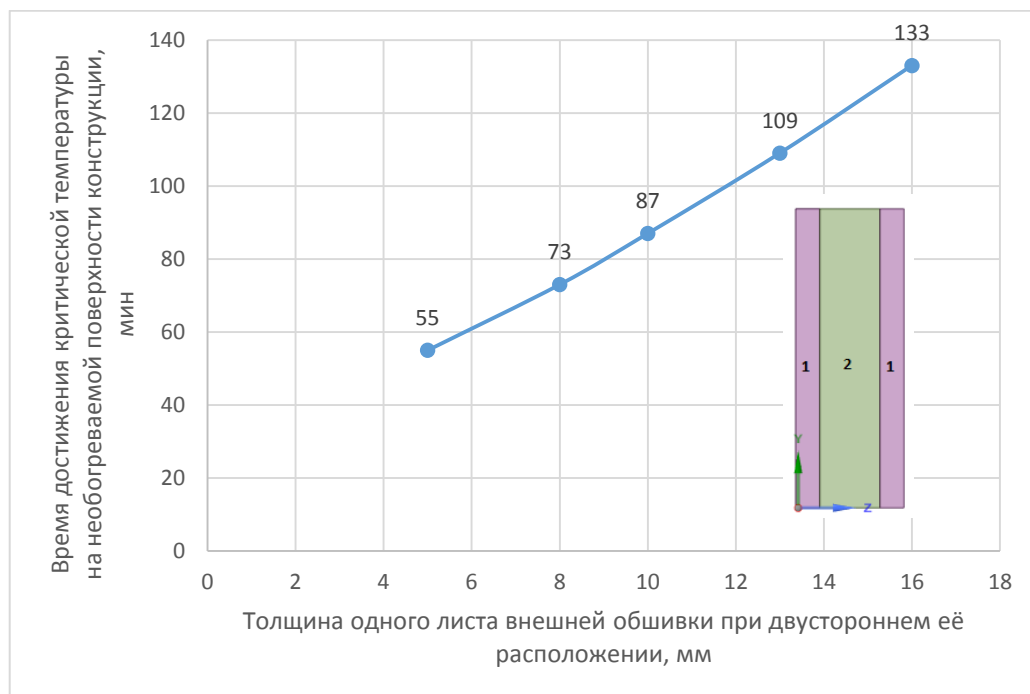


Рисунок 3.19 – Время достижения критической температуры на необогреваемой поверхности конструкции в зависимости от толщины одного листа внешней обшивки МБОР (1) при двустороннем ее расположении и средним слоем из огнезащитного состава ОВПФ-1М (2)

Полученные результаты расчета предела огнестойкости защитного экрана различной конструкции (рисунок 3.19) позволяют выявить функциональную зависимость между толщиной наружных обшивок из материала МБОР и пределом огнестойкости защитного экрана. Такая функциональная зависимость позволит аналитическим способом решать два вида задач:

прямая задача – без дополнительных временных и трудовых затрат определять предел огнестойкости защитного экрана с любыми промежуточными значениями толщины листов внешней обшивки МБОР;

обратная задача – определение минимальной необходимой толщины листов внешней обшивки МБОР для обеспечения требуемого предела огнестойкости.

Определение функциональной зависимости проводится методом регрессионного анализа полученных в результате численного расчета данных.

3.4.2 Регрессионный анализ полученной зависимости

Уравнение множественной регрессии [96]. Уравнение множественной регрессии может быть представлено в виде:

$$Y = f(\beta, X) + \varepsilon, \quad (3.5)$$

где $X = (X_1, X_2, \dots, X_m)$ – вектор независимых (объясняющих) переменных; β – вектор параметров (подлежащих определению); ε – случайная ошибка (отклонение); Y – зависимая (объясняемая) переменная.

Теоретическое линейное уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon, \quad (3.6)$$

где β_0 – свободный член, определяющий значение Y , в случае, когда все объясняющие переменные X_j равны 0.

Прежде чем перейти к определению нахождения оценок коэффициентов регрессии, проверим ряд предпосылок метода наименьших квадратов (МНК).

Предпосылки МНК. 1. Математическое ожидание случайного отклонения ε_i равно 0 для всех наблюдений ($M(\varepsilon_i) = 0$).

2. Гомоскедастичность (постоянство дисперсий отклонений). Дисперсия случайных отклонений ε_i постоянна: $D(\varepsilon_i) = D(\varepsilon_j) = S^2$ для любых i и j .

3. Отсутствие автокорреляции.

4. Случайное отклонение должно быть независимо от объясняющих переменных: $Y_{\varepsilon i x_i} = 0$.

5. Модель является линейной относительно параметров.

6. Отсутствие мультиколлинеарности. Между объясняющими переменными отсутствует строгая (сильная) линейная зависимость.

7. Ошибки ε_i имеют нормальное распределение. Выполнимость данной предпосылки важна для проверки статистических гипотез и построения доверительных интервалов.

Эмпирическое уравнение множественной регрессии представим в следующем виде:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_1X_1 + \dots + b_mX_m + e, \quad (3.7)$$

где $b_0, b_1, \dots, b_m$ – оценки теоретических значений $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ коэффициентов регрессии (эмпирические коэффициенты регрессии); e – оценка отклонения ε .

При выполнении предпосылок МНК относительно ошибок ε_i , оценки $b_0, b_1, \dots, b_m$ параметров $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ множественной линейной регрессии по МНК являются несмещенными, эффективными и состоятельными (т.е. BLUE-оценками).

Для оценки параметров уравнения множественной регрессии применяют МНК.

Оценка уравнения регрессии. Определим вектор оценок коэффициентов регрессии. Согласно методу наименьших квадратов, вектор s получается из выражения

$$s = (X^T X)^{-1} X^T Y. \quad (3.9)$$

К матрице с переменными X_j добавляем единичный столбец:

Матрица Y будет иметь следующий вид:

Тогда матрица X^T примет вид

1	1	1	1	1
5	8	10	13	16

55
73
87
109
133

1	5
1	8
1	10
1	13
1	16

Умножаем матрицы ($X^T X$)

$$X^T X = \begin{array}{|c|c|} \hline 5 & 52 \\ \hline 5 & 614 \\ \hline \end{array}$$

В матрице ($X^T X$) число 5, лежащее на пересечении 1-й строки и 1-го столбца, получено как сумма произведений элементов 1-й строки матрицы X^T и 1-го столбца матрицы X

Умножаем матрицы ($X^T Y$)

$$X^T Y = \begin{array}{|c|} \hline 457 \\ \hline 527 \\ \hline \end{array}$$

Находим обратную матрицу

$$(X^T X)^{-1} (X^T X)^{-1} = \begin{array}{|c|c|} \hline 1,678 & -0,142 \\ \hline -0,142 & 0,0137 \\ \hline \end{array}$$

Вектор оценок коэффициентов регрессии равен

$$Y(X) = \begin{array}{|c|c|} \hline 1,678 & -0,142 \\ \hline -0,142 & 0,0137 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline 457 \\ \hline 527 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline 17,35 \\ \hline 7,12 \\ \hline \end{array}$$

Уравнение регрессии (оценка уравнения регрессии):

$$Y = 17,3497 + 7,1202X_1. \quad (3.10)$$

Анализ мультиколлинеарности. Если факторные переменные связаны строгой функциональной зависимостью, то говорят о полной мультиколлинеарности. В этом случае среди столбцов матрицы факторных переменных X имеются линейно зависимые столбцы и по свойству определителей матрицы, $\det(X^T X = 0)$.

Вид мультиколлинеарности, при котором факторные переменные связаны некоторой стохастической зависимостью, называется частичной. Если между

факторными переменными имеется высокая степень корреляции, то матрица $(X^T X)$ близка к вырожденной, т. е. $\det(X^T X \geq 0)$ (чем ближе к 0 определитель матрицы межфакторной корреляции, тем сильнее мультиколлинеарность факторов и ненадежнее результаты множественной регрессии).

1. Анализ мультиколлинеарности на основе матрицы коэффициентов корреляции.

Если в матрице есть межфакторный коэффициент корреляции $r_{xjxi} > 0.7$, то в данной модели множественной регрессии существует мультиколлинеарность.

В нашем случае все парные коэффициенты корреляции $|r| < 0.7$, что говорит об отсутствии мультиколлинеарности факторов.

2. Ридж-регрессия.

Наиболее детальным показателем наличия проблем, связанных с мультиколлинеарностью, является коэффициент увеличения дисперсии, определяемый для каждой переменной как:

$$VIF(b_j) = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (3.11)$$

где R_j^2 – коэффициент множественной детерминации в регрессии X_j на прочие X .

О мультиколлинеарности будет свидетельствовать VIF от 4 и выше хотя бы для одного j .

Критерием плохой обусловленности является высокая величина отношения $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$ максимального и минимального собственных чисел матрицы $X^T X$ — называемого показателем обусловленности. Это соотношение также позволяет судить о степени серьезности проблем мультиколлинеарности: показатель обусловленности в пределах от 10 до 100 свидетельствует об умеренной коллинеарности, свыше 1000 – об очень серьезной коллинеарности.

Анализ параметров уравнения регрессии. Перейдем к статистическому анализу полученного уравнения регрессии: проверке значимости уравнения и его коэффициентов, исследованию абсолютных и относительных ошибок аппроксимации (таблица 3.7).

Для несмещенной оценки дисперсии сделаем следующие вычисления:

Несмещенная ошибка $\varepsilon = Y - Y(x) = Y - Xs$ (абсолютная ошибка аппроксимации).

Таблица 3.7 – Анализ параметров уравнения регрессии

Y	$Y(x)$	$\varepsilon = Y - Y(x)$	ε^2	$(Y - Y_{cp})^2$	$ \varepsilon : Y $
55	52,951	2,049	4,199	1324,96	0,0373
73	74,311	-1,311	1,72	338,56	0,018
87	88,552	-1,552	2,408	19,36	0,0178
109	109,912	-0,912	0,833	309,76	0,00837
133	131,273	1,727	2,982	1730,56	0,013

Средняя ошибка аппроксимации вычисляется по формуле

$$A = \frac{\sum |\varepsilon : Y|}{n} \cdot 100 \% = \frac{0,0944}{5} \cdot 100 \% = 1,89 \%. \quad (3.12)$$

Оценка дисперсии равна:

$$s_e^2 = (Y - Y(X))^T (Y - Y(X)) = 12,142. \quad (3.13)$$

Несмещенная оценка дисперсии равна:

$$s^2 = \frac{1}{n - m - 1} \cdot s_e^2 = \frac{1}{5 - 1 - 1} \cdot 12,142 = 4,0474. \quad (3.14)$$

Оценка среднеквадратичного отклонения (стандартная ошибка для оценки Y) рассчитывается по следующему выражению:

$$S = \sqrt{s^2} = \sqrt{4,0474} = 2,012. \quad (3.15)$$

Найдем оценку ковариационной матрицы вектора $k = S^2 \cdot (X^T X)^{-1}$:

$$k(x) = 4.05 \begin{bmatrix} 1,678 & -0,142 \\ -0,142 & 0,0137 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6,79 & -0,575 \\ -0,575 & 0,0553 \end{bmatrix}$$

Дисперсии параметров модели определяются соотношением $S_i^2 = K_{ii}$, т. е. это элементы, лежащие на главной диагонали:

$$S_{b0} = \sqrt{6,79} = 2,606, \quad (3.16)$$

$$S_{b1} = \sqrt{0,0553} = 0,235. \quad (3.17)$$

Стандартизированные частные коэффициенты регрессии. Стандартизированные частные коэффициенты регрессии – β -коэффициенты (β_j) показывают, на какую часть своего среднего квадратического отклонения $S(y)$ изменится признак-результат y с изменением соответствующего фактора x_j на величину своего среднего квадратического отклонения (S_{xj}) при неизменном влиянии прочих факторов (входящих в уравнение).

По максимальному β_j можно судить, какой фактор сильнее влияет на результат Y .

По коэффициентам эластичности и β -коэффициентам могут быть сделаны противоположные выводы. Причины этого: а) вариация одного фактора очень велика; б) разнонаправленное воздействие факторов на результат.

Коэффициент β_j может также интерпретироваться как показатель прямого (непосредственного) влияния j -ого фактора (x_j) на результат (y). Во множественной регрессии j -й фактор оказывает не только прямое, но и косвенное (опосредованное) влияние на результат (т.е. влияние через другие факторы модели).

Косвенное влияние измеряется величиной: $\sum \beta_i r_{xj,xi}$, где m – число факторов в модели. Полное влияние j -го фактора на результат равно сумме прямого и косвенного влияний измеряет коэффициент линейной парной корреляции данного фактора и результата – $r_{xj,y}$.

Так для нашего примера непосредственное влияние фактора x_1 на результат Y в уравнении регрессии измеряется β_j ; косвенное (опосредованное) влияние данного фактора на результат определяется как:

$$r_{x1x2}\beta_2 = * = 0. \quad (3.18)$$

Множественный коэффициент корреляции (Индекс множественной корреляции). Тесноту совместного влияния факторов на результат оценивает индекс множественной корреляции.

В отличие от парного коэффициента корреляции, который может принимать отрицательные значения, он принимает значения от 0 до 1.

Поэтому R не может быть использован для интерпретации направления связи. Чем плотнее фактические значения y_i располагаются относительно линии регрессии, тем меньше остаточная дисперсия и, следовательно, больше величина $R_{y(x_1, \dots, x_m)}$.

Таким образом, при значении R близком к 1, уравнение регрессии лучше описывает фактические данные и факторы сильнее влияют на результат. При значении R близком к 0 уравнение регрессии плохо описывает фактические данные и факторы оказывают слабое воздействие на результат.

$$R = \sqrt{1 - \frac{s_{\varepsilon}^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{12.142}{3723.2}} = 0.9984 \quad (3.19)$$

Связь между признаком Y и факторами X_i значительная.

Коэффициент детерминации определяется следующим образом:

$$R^2 = 0.9984^2 = 0.9967. \quad (3.20)$$

Более объективной оценкой является скорректированный коэффициент детерминации:

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \cdot \frac{n-1}{n-m-1} \quad (3.21)$$

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - 0.9967) \cdot \frac{5-1}{5-1-1} = 0.996 \quad (3.22)$$

Чем ближе этот коэффициент к единице, тем больше уравнение регрессии объясняет поведение Y .

Добавление в модель новых объясняющих переменных осуществляется до тех пор, пока растет скорректированный коэффициент детерминации.

Проверка гипотез относительно коэффициентов уравнения регрессии (проверка значимости параметров множественного уравнения регрессии). Число $\nu = n - m - 1$ называется числом степеней свободы. Считается, что при оценивании множественной линейной регрессии для обеспечения статистической надежности требуется, чтобы число наблюдений, по крайней мере, в 3 раза превосходило число оцениваемых параметров.

1) T -статистика рассчитывается при использовании следующих формул:

$$T_{\text{табл}}(n - m - 1; \alpha/2) = (3; 0,025) = 3,182, \quad (3.23)$$

$$t_i = \frac{b_i}{S_{bi}}, \quad (3.24)$$

$$t_0 = \frac{17,35}{2,606} = 6,658 > 3,182. \quad (3.25)$$

Статистическая значимость коэффициента регрессии b_0 подтверждается числовыми значениями, представленными ниже:

$$t_1 = \frac{7,12}{0,235} = 30,28 > 3,182. \quad (3.26)$$

Статистическая значимость коэффициента регрессии b_1 подтверждается числовыми значениями, представленными выше.

Доверительный интервал для коэффициентов уравнения регрессии.
Определим доверительные интервалы коэффициентов регрессии, которые с надежностью 95 % будут следующими:

$$(b_i - t_i S_{bi}; b_i + t_i S_{bi}) \quad (3.27)$$

$$b_0: (17,35 - 3,182 \cdot 2,606; 17,35 + 3,182 \cdot 2,606) = (9,058; 25,641) \quad (3.28)$$

$$b_1: (7,12 - 3,182 \cdot 0,235; 7,12 + 3,182 \cdot 0,235) = (6,372; 7,868) \quad (3.29)$$

Проверка общего качества уравнения множественной регрессии. Оценка значимости уравнения множественной регрессии осуществляется путем проверки гипотезы о равенстве нулю коэффициента детерминации рассчитанного по данным генеральной совокупности: R^2 или $b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0$ (гипотеза о незначимости уравнения регрессии, рассчитанного по данным генеральной совокупности).

Для ее проверки используют F -критерий Фишера. При этом вычисляют фактическое (наблюдаемое) значение F -критерия через коэффициент детерминации R^2 , рассчитанный по данным конкретного наблюдения.

По таблицам распределения Фишера – Снедекора находят критическое значение F -критерия ($F_{\text{кр}}$). Для этого задаются уровнем значимости α (обычно его берут равным 0,05) и двумя числами степеней свободы $k_1 = m$ и $k_2 = n - m - 1$.

2) F -статистика. Критерий Фишера рассчитывается при использовании следующей формулы:

$$R^2 = 1 - \frac{s_e^2}{\Sigma(y_1 - \bar{y})^2} = 1 - \frac{12,142}{3723,2} = 0,9967. \quad (3.30)$$

Проверим гипотезу об общей значимости – гипотезу об одновременном равенстве нулю всех коэффициентов регрессии при объясняющих переменных:

$$H_0: R^2 = 0; \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_m = 0. \quad (3.31)$$

$$H_1: R^2 \neq 0. \quad (3.32)$$

Проверка этой гипотезы осуществляется с помощью F-статистики распределения Фишера (правосторонняя проверка).

Если $F < F_{кр} = F_{\alpha; n-m-1}$, то нет оснований для отклонения гипотезы H_0 . Для определения значения F необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \frac{n-m-1}{1} = \frac{0,9967}{1-0,9967} \frac{5-1-1}{1} = 916,963. \quad (3.33)$$

Табличное значение при степенях свободы $k_1 = 1$ и $k_2 = n - m - 1 = 5 - 1 - 1 = 3$, $F_{кр}(1;3) = 10.1$.

Поскольку фактическое значение $F > F_{кр}$, то коэффициент детерминации статистически значим и уравнение регрессии статистически надежно (т.е. коэффициенты b_i совместно значимы).

В результате проведенных расчетов получено уравнение множественной регрессии [105]:

$$П_{\phi} = 17,3497 + 7,1202 \cdot \delta, \quad (3.34)$$

где $П_{\phi}$ – фактический предел огнестойкости, мин; δ – толщина листов внешней обшивки, мм.

3.5 Выводы по главе 3

В рамках данной главы экспериментальными и расчетными методами обоснован новый тип противопожарной преграды – экранной стены, для определения условий применения которой на объектах с массовым пребыванием людей:

– осуществлен выбор допустимых методов испытаний, подтверждающих

как требуемую область применения экранных стен, так и фактические пожарно-технические характеристики конструкций и материалов заполнения;

- предложены материалы для заполнения экранных стен и проведены испытания по методу определения теплового излучения падающего теплового потока, подтверждающие, что критические плотности падающего теплового потока не достигаются;

- осуществлен выбор конструктивной схемы экранной стены, а также проведены испытания на огнестойкость, подтверждающие обеспечение предлагаемой конструкцией требуемого предела огнестойкости не менее EI 30.

- получена функциональная зависимость, позволяющая определять фактический предел огнестойкости в зависимости от толщины листов внешней обшивки, а также геометрические параметры защитного экрана в зависимости от требуемого предела огнестойкости.

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что предлагаемая конструкция экранной стены позволит обеспечить требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности объектов защиты при минимизации финансовых затрат путем внедрения новых решений, соответствующих передовым достижениям науки и техники в области пожарной безопасности.

Кроме того, в целях исключения необходимости проведения крупномасштабных дорогостоящих испытаний по определению рекомендуемой области применения подобных экранных стен целесообразна также переработка и адаптация существующего европейского стандарта EN 15254-6, который значительно расширит возможную область применения экранных конструкций и позволит реализовать наиболее эффективные варианты противопожарной защиты с учетом оптимизации материальных затрат на обеспечение пожарной безопасности [109].

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКРАННЫХ СТЕН

4.1 Разработка методологических основ, предусматривающих использование экранных стен как одного из способов предотвращения (ограничения) распространения пожара

4.1.1 Обоснование области применения экранных стен с учетом имеющихся характеристик и существующих нормативных требований

В ходе работы установлено, что применение экранных стен позволит значительно упростить реализацию положений действующего законодательства в области пожарной безопасности.

В частности, устройство подобных конструкций может осуществляться в рамках мероприятий, направленных на защиту жизни и здоровья людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара.

Кроме того, применение экранных стен позволит обеспечить выполнение положений Технического регламента [2], в части:

- ограничения последствий пожара путем применения соответствующих объемно-планировочных решений, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага (статья 52);
- ограничения распространения пожара путем устройства противопожарных преград (статья 59);
- разделения частей зданий (пожарных отсеков), а также помещений различных классов функциональной пожарной опасности (статья 88).

Установление в нормативных правовых актах и нормативных документах по пожарной безопасности соответствующих требований пожарной безопасности для подобных конструкций позволит не только исключить существующие

проблемные вопросы в нормативной базе по пожарной безопасности, но и значительно расширит выбор оптимальных вариантов противопожарной защиты при одновременном снижении затрат при проектировании и строительстве объектов защиты различных классов функциональной пожарной опасности.

Так, в настоящее время Федеральным законом от 29 июля 2017 года № 244-ФЗ внесены отдельные изменения в Технический регламент о требованиях пожарной безопасности, позволяющие реализовать возможность выбора подобных технических решений, в части устройства экранных стен, являющихся в ряде случаев наиболее оптимальными и обоснованными вариантами противопожарной защиты.

Вместе с тем, для внедрения предложенных решений требуется актуализация и внесение изменений как в действующие нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности, так и разработка новых межгосударственных и национальных стандартов.

Данные документы должны уточнить как область применения подобных экранных стен, требуемые пожарно-технические характеристики, так и методы их испытаний.

В данной работе впервые проведен подобный анализ и представлены предложения по направлению дальнейшего совершенствования нормативных положений (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Предложения по применению экранных стен

Классифи- кационный параметр	Типы вертикальных мембран		Примечание
	Теоретические (по методам испытаний)	Практические	
1	2	3	4
Исполнение	Жесткая конструкция		В зависимости от функции экрана
	Гибкая конструкция		
Функция экрана	Элемент противопожарной преграды		По ГОСТ 30247.1 – для ограждающих конструкций [27] и по ГОСТ Р 53307 – для заполнения проемов [28]
	Заполнение проема в противопожарной преграде		
	Комбинация		

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Расположение в рамной конструкции	Вертикально		В зависимости от места расположения
	Горизонтально		
	Комбинация		
Предел огнестойкости	360	-	По 123-ФЗ (нормативные требования к конструкциям (заполнению) [2] и ГОСТ 30247.0 (применяемые при испытаниях) [26])
	240	-	
	180	150	
	90	-	
	60	60	
	45	45	
	30	30	
	15	15	
Характерные признаки предельных состояний	Потеря целостности (E)		По 123-ФЗ (нормативные требования к конструкциям (заполнению) [2] и ГОСТ 30247.0 [26], ГОСТ Р 53307 [28] и ГОСТ Р 53308 [29] (применяемые при испытаниях))
	Потеря целостности и теплоизолирующей способности (EI)		
	Потеря целостности, теплоизолирующей способности и достижение предельной величины плотности теплового потока (EIW)		
	—	потеря целостности, теплоизолирующей способности и достижение предельной величины дымогазоне-проницаемости (EIS)	
	—	потеря целостности, теплоизолирующей способности, предельной плотности теплового потока и дымогазоне-проницаемости (EIWS)	

Продолжение таблицы 4.1

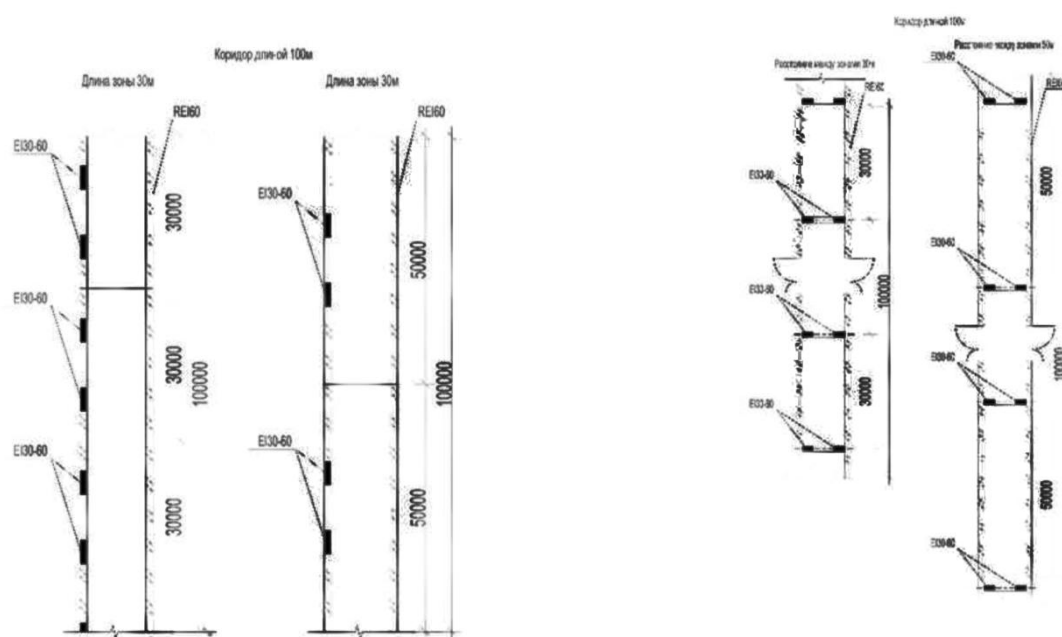
1	2	3	4
Наличие заполнений в пределах мембран	Отсутствуют (сплошные)		По ГОСТ Р 53307 [28], ГОСТ 53308 [29]
	Присутствуют заполнения		
Площадь заполнения в мембранах, %	До 25		По 123-ФЗ (нормативные требования к конструкциям (заполнению) [2] и ГОСТ Р 53307 [28] (применяемые при испытаниях)
	Более 25		
Наличие орошения для достижения требуемых пределов огнестойкости	—	С орошением автоматической установкой пожаротушения	Апробированные решения нормативно-технических советов МЧС России
	—	Без орошения автоматической установкой пожаротушения	
Возможность перемещения	Стационарные		По ГОСТ 30247.1 [27] и ГОСТ Р 53307 [28]
	Мобильные		
Виды приводов для мобильных экранов	Ручной		В зависимости от функции экрана
	Автоматический		
	Дистанционный		
	Комбинированный		
Элементы примыкания экранных стен	Примыкающие (в стык проема)		В зависимости от функции экрана
	—	Выступающие за габариты проема	
	—	Перемещающиеся внутри преграды (замок)	
Расположение элементов крепления экранных стен	Горизонтально		В зависимости от функции экрана
	К потолку	К полу	
	Вертикально		

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Наличие направляющих	—	Без направляющих	В зависимости от функции экрана
	—	С боковыми направляющими	

В ходе проведенных расчетных и экспериментальных обоснований установлено, что для эффективного ограничения распространения пожара в пассажирских терминалах могут применяться технические решения, предусматривающие заполнение проемов и участков ограждающих конструкций в эвакуационных коридорах, а также деление таких коридоров экранными стенами по протяженности.

Кроме того, подобные конструкции рекомендуются к применению для разделения участков лестнично-лифтовых узлов, через которые предусматривается эвакуация людей (рисунок 4.1).



а Рисунок 4.1 – Примеры применения экранных (б

а – заполнение проемов в противопожарных преградах; б – противопожарное зонирование коридоров

Коридор с лифтом для перевозки пожарных подразделений

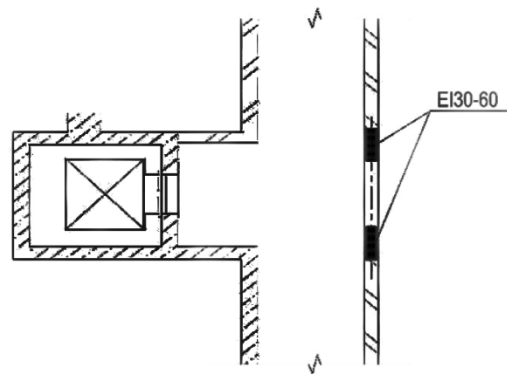


Рисунок 4.1 – Продолжение:

v – заполнение дверных проемов на входах в лифтовые холлы

4.1.2 Разработка предложений по установлению нормативных требований к устройству и применению экранных стен, их адаптация к действующим нормативным документам в области пожарной безопасности

Работа, направленная на реализацию положений действующего законодательства, в части устройства экранных стен, должна осуществляться по двум направлениям.

Первое – гармонизация отечественных требований пожарной безопасности с существующими международными требованиями, предусматривающими применение подобных конструкций [6].

Второе – актуализация отечественных нормативных документов, устанавливающих как область применения экранных стен и их пожарно-технические характеристики, так и методы испытаний на огнестойкость ограждающих конструкций и заполнения проемов.

В рамках проведенного анализа установлено соотношение существующих требований пожарной безопасности в России и за рубежом и установлены

первоочередные нормативные документы, подлежащие гармонизации и актуализации (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Первоочередные международные стандарты, подлежащие гармонизации с отечественными нормами в области пожарной безопасности

Положения Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [2]	Основополагающие нормативные правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности	Международные стандарты, подлежащие гармонизации с отечественными требованиями пожарной безопасности
1	2	3
Статья 30. Классификация зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков по степени огнестойкости	Статья 87 Технического регламента [2] СП 2.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [40] СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений [36].	EN 1363-1: 1999 «Испытания на огнестойкость. Часть 1: Общие требования» [59]. EN 1363-2: 1999 «Испытания на огнестойкость. Часть 2: Альтернативные и дополнительные методы испытаний» [60]. EN 1364-1:1999 «Испытания на огнестойкость для несущих элементов. Часть 1. Стены. Методы определения огнестойкости несущих стен» [45]. EN 1364-3:2004 «Испытания на огнестойкость для несущих элементов – часть 3. Испытания на огнестойкость несущих стен (перегородок) в полной конфигурации (в полной сборке)» [61].

1	2	3
Статья 30. Классификация зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков по степени огнестойкости	ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75) «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования», в части, касающейся определения огнестойкости и класса пожарной опасности строительных конструкций [26] ГОСТ Р 53308–2009 «Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнение проемов. Метод испытаний на огнестойкость» [29]	EN 1364-4: 2006 «Испытания на огнестойкость для несущих элементов – Часть 4: Несущие стены. Метод определения огнеупорности частей несущих стен, содержащих неогнеупорные наполнители, например остекление» [62]. ISO 834-1:1999 «Испытания на огнестойкость. Элементы строительных конструкций. Часть 1. Общие требования» [63]. SO/TR 834-2:2009 «Испытания на огнестойкость. Элементы строительных конструкций. Часть 2. Руководство по измерению единообразия воздействия печи на испытательные образцы» [71]. ISO/TR 834-3:1994 «Испытание на огнестойкость элементов строительных конструкций. Часть 3. Комментарии по методам испытаний и применению результатов испытаний» [64]. ISO 834-8:2002/Cor 1:2009 «Испытания на огнестойкость. Элементы строительных конструкций. Часть 8. Специальные требования к несущим вертикальным разделяющим элементам» [65].
Статья 35. Классификация строительных конструкций по огнестойкости	ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834-75) «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» [26] ГОСТ 30247.1–94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции» [27]	EN 13501-2 «Классификация огнестойкости строительных материалов и элементов – Часть 2: Классификация по результатам испытаний на огнестойкость, кроме вентиляционных систем» [57]. EN 13501-3 «Классификация огнестойкости строительных материалов и элементов – Часть 3: Классификация по результатам испытаний на огнестойкость компонентов технических систем зданий» [58]. EN 1363-1:1999 «Испытания на огнестойкость. Часть 1. Общие требования» [59]

1	2	3
	ГОСТ Р 53308–2009 «Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнение проемов. Метод испытаний на огнестойкость» [29] СНиП 21-01–97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [36] СНиП II-23–81* «Стальные конструкции» [34]	EN 1363-2:1999 «Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы» [60]. EN 15254-6: 2014 «Обобщенные применение результатов испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 6: Экранные стены» [46]. EN 1364-1:1999 «Элементы зданий, не несущие нагрузки. Испытания на огнестойкость. Часть 1. Перегородки» [45]. ISO 29473:2010 «Испытания на огнестойкость. Неопределенность измерений при испытаниях на огнестойкость» [65]. EN 1991-1-2:2002/AC:2009 «Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости» [51]. EN 1993-1-2:2005/AC:2009 «Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости» [52]. EN 1999-1-2:2007/AC:2009 «Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости» [53].

Применение гармонизированных европейских стандартов позволит обеспечить подтверждение соответствия объектов защиты положениям действующего законодательства в области пожарной безопасности (см. таблицу 4.2).

При этом, в процессе гармонизации отечественных требований пожарной безопасности следует обратить особое внимание на наличие существенных

отличий в существующих методиках испытаний на огнестойкость в России и за рубежом (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Сравнительная характеристика международных и отечественных нормативных документов

Европейские стандарты	Отечественные стандарты	Особенности методик
EN 1363-1:1999 «Испытания на огнестойкость. Часть 1. Общие требования» [59]; EN 1363-2:1999 «Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы» [60]; EN 1364-1:1999 «Элементы зданий, не несущие нагрузки. Испытания на огнестойкость. Часть 1. Перегородки» [45]; EN 15254-6:2014 «Расширенное применение результатов испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 6. Экранные стены» [46].	ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834-75) «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» [26]; ГОСТ 30247.1-94 (ИСО 834-75) «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции» [27]; ГОСТ Р 53307-2009 «Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость» [28]; ГОСТ Р 53308-2009 «Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнение проемов. Метод испытаний на огнестойкость» [29].	Европейские стандарты допускают: применение при испытаниях альтернативных и дополнительных процедур; прямое применение результатов к другим аналогичным элементам или вариациям испытанного элемента; возможность расширенного применения результатов испытания, основанного на интерполяции и экстраполяции данных; наличие при испытаниях остекления в ненесущих стенах. При этом, данные стандарты жестко регламентируют конструкцию футеровки печи, расстановку термопар, монтаж образцов и т.п. ГОСТы предусматривают: возможность применения температурного режима, учитывающего реальный режим пожара; результаты испытаний могут использоваться для оценки огнестойкости расчетным методом; четкая регламентация количества образцов для испытания (не менее двух); определение предельных состояний конструкций, в том числе по потере теплоизолирующей способности (W); проведение испытаний для откатных дверей и скручивающихся ворот.

Кроме того, следует обратить внимание, что одновременно с гармонизацией отечественных требований пожарной безопасности должна осуществляться актуализация нормативной базы с учетом последних достижений науки и техники [98].

Перечень первоочередных положений нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности, подлежащих актуализации, рассматриваются в п. 3.3 данной диссертационной работы.

4.2 Выводы по главе

В ходе диссертационной работы проведена теоретическая и экспериментальная оценка фактических и требуемых параметров экранных стен, а также возможной области их применения. Кроме того, установлена необходимость актуализации существующей нормативной базы по пожарной безопасности, гармонизации существующих международных требований, а также разработки дополнительных требований пожарной безопасности для реализации и внедрения новых технических решений – экранных стен.

Впервые выработаны предложения по конструкции, области применения и установлению противопожарных требований к экранным стенам с учетом выполняемой функции, их размещения, обеспечения требуемых пределов огнестойкости, наличия заполнения и орошения, а также возможности их перемещения.

Предложены различные виды мобильных экранов, рассмотрены возможные элементы примыкания и расположение элементов крепления экранных стен, а также устройства направляющих.

В рамках работы определен перечень первоочередных зарубежных нормативных документов, подлежащих гармонизации с отечественными требованиями для закрепления существующих методов испытания на огнестойкость ограждающих конструкций и заполнения проемов.

Кроме того, в целях возможности внедрения экранных стен требуется внесение уточнений и дополнений в действующие нормативные положения в области пожарной безопасности.

В частности, необходимо закрепление термина «экранные стены» в действующем законодательстве по пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»)[2].

Предлагается следующее определение:

«Экранная стена – самонесущая строительная конструкция или заполнение проема в такой конструкции с нормированным пределом огнестойкости, предназначенные для предотвращения распространения пожара».

Кроме того, таблицы 23 и 24 Приложения к названному закону, устанавливающие требования к пределам огнестойкости противопожарных преград и заполнению проемов в них, следует дополнить положениями в соответствии с предложениями, представленными в таблице 4.1 данной диссертационной работы.

Для установления области применения экранных стен и методов их испытания требуется внесение изменений в соответствующие нормативные документы по пожарной безопасности (своды правил) [40, 41].

Данные документы должны содержать указание перечня классов функциональной пожарной опасности, на которых допускается применение подобных конструкций, а также возможные варианты расположения (горизонтальное, вертикальное, наклонное) (в соответствии с таблицей 4.1 п. 4.1).

Кроме того, требуется разработка новых межгосударственных и национальных стандартов либо актуализация существующих нормативных документов, устанавливающих методы испытания на огнестойкость в соответствии с предлагаемым конструктивным исполнением экранных стен, выполняемых ими функций, а также особенностей их устройства (возможности их перемещения в объеме либо вне объема ограждающих конструкций, использования экранных стен в виде противопожарных преград либо их заполнения), а также возможности их

автоматического перемещения.

Также в рамках данной работы впервые подготовлена первая редакция межгосударственного стандарта, не имеющего аналогов в России, устанавливающего возможность расширенного применения противопожарных преград: ГОСТ EN 15254-6 «Расширенное применение результатов испытания на огнестойкость. Ненесущие стены. Экранные стены».

Инновационным моментом подобной методики является внедрение в практику испытаний по определению огнестойкости метода расширенного применения – ожидаемого поведения ненесущей ограждающей конструкции и ее компонентов при воздействии огня, которое может основываться на интерполяции и экстраполяции данных, полученных в ходе соответствующих испытаний.

В ходе проведенной работы также установлено, что действующие отечественные требования по пожарной безопасности в большинстве своем морально устарели, не учитывают современных тенденций проектирования и строительства, а также являются достаточно жесткими и ограничивающими применение новых технических решений, в части разделения зданий на пожарные отсеки установленной площади, выбора ограниченного типа противопожарных преград, отсутствия альтернативных вариантов заполнения проемов в противопожарных преградах и др.

Так как создание Таможенного союза предполагает внедрение унифицированных технических решений, соответствующих передовым достижениям науки и техники, а также свободное перемещение продукции в пределах стран содружества, то реализация принципов интеграции Российской Федерации в систему международного нормирования может быть обеспечена путем выработки единых нормативных документов в области стандартизации.

Внедрение нового типа противопожарной преграды – экранные стены должно основываться на результатах научных исследований, а также возможности применения подобных конструкций в рамках российского законодательства в области пожарной безопасности.

Поскольку названные конструкции производятся исключительно за рубежом, то для упрощения их применения необходимо гармонизировать отечественные нормы с учетом возможной области применения, требуемых пожарно-технических характеристик, а также методов испытания по огнестойкости. Кроме того, должны учитываться действующие отечественные требования по проведению испытаний противопожарных преград.

Подобные конструкции применяются в большинстве развитых стран и признаны эффективными как с точки зрения предотвращения распространения опасных факторов пожара, гибели людей и ущерба третьих лиц, так и по существующим экономическим факторам.

Кроме того, внедрение подобных конструкций позволит реализовать систему гибкого объектно-ориентированного нормирования за счет применение современных вариантов противопожарной защиты, адаптированных к существующим реалиям, основанных на научных исследованиях, позволяющих обеспечить требуемую величину пожарного риска при минимизации финансовых затрат собственников объектов защиты.

Для реализации обозначенных задач требуется научно-практическая проработка по адаптации предлагаемых конструкций в рамках существующих нормативных положений, включая терминологические, метрологические и иные аспекты [85].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного анализа действующих требований пожарной безопасности, в том числе применяемых в мировой практике, а также противопожарного состояния наиболее крупных пассажирских терминалов в Российской Федерации, выявленных особенностей возникновения и развития пожаров в зданиях пассажирских терминалов научно обоснованы подходы по обеспечению противопожарной защиты подобных multifunctional, технически сложных объектов с массовым пребыванием людей путем устройства экранных стен.

2. Разработаны адаптированные и апробированные модели экспериментальной оценки огнестойкости экранных стен. По результатам проведенной серии экспериментов огнестойкости предложенной конструкции установлено, что повышение температуры на ее необогреваемой поверхности в сравнении с температурой конструкции до испытания более чем на 180°C (195°C) наступает не ранее 31 мин. При этом, минимальный фактический предел огнестойкости указанной конструкции составляет не менее EI 30. Значения критической плотности падающего лучистого теплового потока для различных параметров образца (плита из специального теплоизоляционного материала толщиной 15 ± 1 мм с покрытием ОВПФ-1М) при продолжительности облучения до 30 мин не превышает $8,0 - 10,1 \text{ кВт/м}^2$.

3. Установлена новая функциональная зависимость в виде уравнения множественной регрессии, позволяющая определять фактические пределы огнестойкости экранных стен, обеспечивающих предотвращение распространения пожара, а также их геометрические параметры без проведения крупномасштабных огневых испытаний.

4. Получена удовлетворительная сходимость результатов численного моделирования процесса прогрева исследуемых конструкций экранных стен с аналогичными результатами, полученными при выполнении крупномасштабных огневых испытаний (максимальное расхождение одноименных величин не

превышает 15 %), подтвержден вывод о возможности использования полученных эмпирических зависимостей для определения фактических пределов огнестойкости экранных стен в зависимости от их геометрических параметров.

5. По результатам экспериментальных исследований были установлены требования к конструкции экранных стен, области их применения, с учетом выполняемых функций, размещения, обеспечения требуемых пределов огнестойкости, наличия заполнения и орошения, а также возможности их перемещения. Научно обоснована конструктивная схема экранных стен, обеспечивающая предотвращение распространения пожара, а также предложены материалы для заполнения экранных стен.

6. Разработаны предложения по актуализации нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности в сфере применения экранных стен для объектов строительства, в том числе проект изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», проект межгосударственного стандарта «Расширенное применение результатов испытания на огнестойкость. Ненесущие стены. Экранные стены».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «О техническом регулировании» // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 52 (ч. 1) . – ст. 5140.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» //Собрание законодательства РФ. –2008. – № 30 (ч. 1). – ст. 3579.
3. Воздушный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон Рос. Федерации от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 1997. – № 2. – ст. 1383.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска»// Собрание законодательства РФ. –2009. – № 14. – ст. 1656.
5. Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» // «Российская газета». – 2009. – № 161.
6. Об одобрении Концепции развития национальной системы стандартизации: распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.02.2006 № 266-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901969912> (дата обращения: 01.02.2018).
7. Концепция развития аэродромной (аэропортовой) сети Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]: поручение Президента Российской Федерации от 15.02.2007 № Пр-248. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
8. Голованов В.И., Ружинский А.В. Метод испытания на огнестойкость стальных конструкций с огнезащитными покрытиями и облицовками // Пожаровзрывобезопасность. – 1994. – № 2. – С. 37-39.
9. Гомозов, А.В. Результаты экспериментального исследования температурного режима и граничных условий теплообмена при пожаре //

Огнестойкость строительных конструкций. 1979. – № 7, С. 30-35.

10. Пехотиков А.В., Голованов В.И., Павлов В.В. Обеспечение огнестойкости несущих строительных конструкций // Пожарная безопасность. – 2002. – № 3. – С. 48.

11. Астахова, И.Ф. Моделирование процессов теплопереноса при пожаре в помещении / И.Ф. Астахова, И.С. Молчадский, А.Н. Спорыхин. – Воронеж, 1998. – 220 с.

12. Большой энциклопедический политехнический словарь. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 656 с.

13. Бушев, В.П. Огнестойкость зданий / В.П. Бушев, В.А. Пчелинцев, В.С. Федоренко, А.Я. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1970. – 264 с.

14. Еремина, Т.Ю. Методические рекомендации по определению критической величины теплового излучения для материала (заполнения) экранной стены. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России, 2017 / Т.Ю. Еремина, В.Е. Фадеев. – 24 с.

15. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учебное пособие / Ю.А. Кошмаров. – М.: АГПС МВД РФ, 2000. – 118 с.

16. Молчадский, И.С. Пожар в помещении / И.С. Молчадский. – М.: ВНИИПО, 2005 – 456 с.

17. Осипова, В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена / В.А. Осипова. – М.: Энергия, 1979. – 320 с.

18. Пожарная безопасность. Энциклопедия. – Москва: ВНИИПО, 2007. – 416 с.

19. Пожарная профилактика в строительстве : учебное пособие. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985. – 454 с.

20. Предтеченский, В.М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков / В.М. Предтеченский, А.И. Милинский. – М., 1979.

21. Ройтман, М.Я. Противопожарное нормирование в строительстве / М.Я. Ройтман. – М.: Стройиздат, 2-е изд., перераб. и доп., 1985. – 590 с.

22. Холщевников, В.В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре / В.В. Холщевников //

Москва: МИПБ МВД России, 1999. – 93 с.

23. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 144 с.

24. Яковлев, А.И. Руководство по испытанию строительных конструкций на огнестойкость / А.И. Яковлев, В.П. Бушев, В.Г. Олимпиев. – Москва: ВНИИПО, 1980. – 51 с.

25. ВНТП 3–81. Ведомственные нормы технологического проектирования аэровокзалов аэропортов. – М.: МГА, 1981. – 214 с.

26. ГОСТ 30247.0–94 (ИСО 834–75). Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. – М., 1994. – 11 с.

27. ГОСТ 30247.1–94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. – М., 1994. – 11 с.

28. ГОСТ Р 53307–2009. Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость. – М., 2009. – 39 с.

29. ГОСТ Р 53308–2009. Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнение проемов. Метод испытаний на огнестойкость. – М., 2009. – 29 с.

30. ГОСТ Р 53309–2009. Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования. – М., 2009. – 11 с.

31. Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость 2010 года (кодекс ПИО 2010). – Санкт-Петербург: ЦНИИМФ. – 2011. – 560 с.

32. НТП 3–74. Нормы технологического проектирования аэровокзалов аэропортов. – М.: МГА, 1974. – 214 с.

33. СНиП II-85–80. Вокзалы. Нормы проектирования. – М., 1980. – 14 с.

34. СНиП II-23–81*. Стальные конструкции. – М., 1981. – 178 с.

35. СНиП 2.08.02–89*. Общественные здания и сооружения. – М., 1989. – 26 с.

36. СНиП 21-01–97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М., 1997. – 38 с.

37. СНиП 31-06–2009. Общественные здания и сооружения. – М., 2009. – 57 с.

38. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения. – М., 2012. – 95 с.
39. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы». – М., 2009. – М., 2009. – 48 с.
40. СП 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. – М., 2009. – 22 с.
41. СП 4.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочными конструктивным решениям. – М., 2009. – 84 с.
42. ТУ 1523-025-47935838–2003. Покрытие огнезащитное ОВПФ-1М. – М., 2003. – 7 с.
43. Каталог стандартов. Стандарты и проекты под прямой ответственностью ISO/TC 92/SC 2 Секретариат [Электронный ресурс]. URL: http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=50526 (дата обращения: 30.01.2015).
44. BS EN 12101-1:2005+A1:2006. Smoke and heat control systems. Part 1. Specification for smoke barriers (Системы дымоудаления и терморегулирования. Часть 1. Технические условия для дымовых преград).– Лондон: The British Standards Institution, 2006. – 128 с.
45. BS EN 1364-1:1999. Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Part 1. Walls (Испытания огнестойкости ненесущих элементов Часть 1. Стены). – Лондон: The British Standards Institution, 1999. – 40 с.
46. BS EN 15254-6:2014. Extended application of results from fire resistance tests – Non-loadbearing walls. Part 6. Curtain walling (Расширенное применение результатов из испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 6. Экранные стены). – Лондон: The British Standards Institution, 2014. – 20 с.
47. BS EN 15269-11. Расширенное применение результатов из испытаний на огнестойкость и/или ограничение задымления для дверей, штор и открываемых окон, включая элементы строительных конструкций здания. Часть 11. Огнестойкость тканевых штор. – Лондон: The British Standards Institution, 2011. – 94 с.
48. BS 8524-1:2013. Active fire curtain barrier assemblies. Part 1:

Specification (Активные защитные конструкции с огнестойким экраном. Часть 1. Технические условия). – Лондон: The British Standards Institution, 2013. – 46 с.

49. BS 8524-2:2013. Active fire curtain barrier assemblies. Part 2: Code of practice for application, installation and maintenance (Активные защитные конструкции с огнестойким экраном. Часть 2. Свод правил: применение, установка, обслуживание). – Лондон: The British Standards Institution, 2013. – 50 с.

50. CEN/TS 13381-1:2005. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members. Part 1: Horizontal protective membranes (Метод испытания влияния несущих строительных конструкций на огнестойкость. Часть 1. Горизонтальные защитные экраны). – Лондон: The British Standards Institution, 2005. – 42 с.

51. EN 1991-1-2:2002/AC:2009. Eurocode 1. Actions on structures . Part 1–2: General actions – Actions on structures exposed to fire (Еврокод 1. Воздействия на строительные конструкции. Часть 1–2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости). – Лондон: The British Standards Institution, 2009. – 62 с.

52. EN 1993-1-2:2005/AC:2009. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1–2. General rules – Structural fire design» (Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости). – Лондон: The British Standards Institution, 2009. – 84 с.

53. EN 1999-1-2:2007/AC:2009. Eurocode 9. Design of aluminum structures. Part 1–2. Structural fire design» (Еврокод 9. Проектирование алюминиевых конструкций. Часть 1–2. Общие правила определения огнестойкости). Лондон: The British Standards Institution, 2009. – 64 с.

54. ENV 13381-2:2002. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members. Part 2. Vertical protective membranes» (Методы испытаний для определения влияния строительных конструкций на огнестойкость. Часть 2. Вертикальные защитные мембраны). – Лондон: The British Standards Institution, 2002. 34 с.

55. ENV 13381-4:2002. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members. Part 4. Applied protection to steel members» (Методы испытаний для определения влияния строительных конструкций на

огнестойкость . Часть 4. Защита стальных конструкций). – Лондон: The British Standards Institution, 2002. – 80 с.

56. EN 13381-8:2010. Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members. Part 8. Applied reactive protection to steel members» (Определение влияния строительных конструкций на огнестойкость. Методы испытаний. Часть 8. Примененная реактивная защита стальных конструкций). – Лондон: The British Standards Institution, 2010. 84 с.

57. EN 13501-2. Классификация огнестойкости строительных материалов и элементов. Часть 2: Классификация по результатам испытаний на огнестойкость, кроме вентиляционных систем. – Лондон: The British Standards Institution, 2002. – 82 с.

58. EN 13501-3. Классификация огнестойкости строительных материалов и элементов. Часть 3: Классификация по результатам испытаний на огнестойкость компонентов технических систем зданий. – Лондон: The British Standards Institution, 2003. – 24 с.

59. EN 1363-1:1999. Испытания на огнестойкость. Часть 1. Общие требования. – Лондон: The British Standards Institution, 1999. – 52 с.

60. EN 1363-2:1999. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы. – Лондон: The British Standards Institution, 2004. – 20 с.

61. EN 1364-3: 2004. Испытания на огнестойкость для несущих элементов. Часть 3. Испытания на огнестойкость несущих стен (перегородок) в полной конфигурации (в полной сборке). – Лондон: The British Standards Institution, 2004. – 66 с.

62. EN 1364-4: 2004 «Испытания на огнестойкость для несущих элементов. Часть 4. Несущие стены. Метод определения огнеупорности частей несущих стен, содержащих неогнеупорные наполнители, например остекление». – Лондон: The British Standards Institution, 2004. – 66 с.

63. ISO 834-1:1999. Испытания на огнестойкость. Элементы строительных конструкций. Часть 1. Общие требования. – Женева: International

Organization for Standardization, 1999. – 25 с.

64. ISO/TR 834-3:1994. Испытание на огнестойкость элементов строительных конструкций. Часть 3. Комментарии по методам испытаний и применению результатов испытаний. – Женева: International Organization for Standardization, 1994. – 16 с.

65. ISO 834-8:2002/Cor 1:2009. Испытания на огнестойкость. Элементы строительных конструкций. Часть 8. Специальные требования к несущим вертикальным разделяющим элементам. – Женева: International Organization for Standardization, 2002. – 8 с.

66. NFPA 92A. Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences (Стандарт для систем дымоудаления с использованием защитных экранов и разности давлений). – Массачусетс: National Fire Protection Association, 2009. – 64 с.

67. NFPA 105. Standard for Smoke Door Assemblies and Other Opening Protectives. (Стандарт для противопожарных дверей и других защитных средств для проемов). – Массачусетс: National Fire Protection Association, 2016. – 19 с.

68. NFPA 221. Standard for High Challenge Fire Walls, Fire Walls and Fire Barrier Walls (Стандарт для противопожарных стен повышенной огнестойкости, противопожарных стен и противопожарных преград). – Массачусетс: National Fire Protection Association, 2018. – 50 с.

69. NFPA 251. Standard Methods of Tests of Fire Resistance of Building Construction and Materials (Стандартные методы испытаний на огнестойкость строительных конструкций и материалов). – Массачусетс: National Fire Protection Association, 2006. – 57 с.

70. NFPA 415. Standard on Airport Terminal Buildings, Fueling Ramp Drainage, and Loading Walkways (Стандарт по зданиям терминалов аэропортов и погрузочным трапам). – Массачусетс: National Fire Protection Association, 2016. – 33 с.

71. ISO/TR 834-2:2009. Испытания на огнестойкость. Элементы строительных конструкций. Часть 2. Руководство по измерению единообразия воздействия печи на испытательные образцы. – Женева: International Organization

for Standardization, 2009. – 22 с.

72. МБОР 5ф-16ф [Электронный ресурс] // Огнетеплозащита [сайт]. Режим доступа: <http://ogne-teplo-zaschita.ru/mbor-5f-16f/> (дата обращения 19.04.2019).

73. Брушлинский, Н.Н. Роль статистики пожаров в оценке пожарных рисков / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Проблемы безопасности и ЧС. – 2012. – Т. 1. – С. 112–124.

74. Брушлинский, Н.Н. Международная пожарная статистика международной ассоциации пожарно-спасательных служб / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. – № 1 (18). – С. 72–104.

75. Бушнев, В.Г. Совершенствование современных методов испытаний на огнестойкость на основе внедрения гармонизированных европейских стандартов / В.Г. Бушнев, В.Е. Фадеев // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2016 – № 3. – С. 15–18.

76. Волков, А.А. Влияние влажности строительных материалов на точность расчетов прогрева конструкций при оценках их огнестойкости [Электронный ресурс]: сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» (г. Москва, 14–16 ноября 2018 г.) / А.А. Волков, В.М. Ройтман, Д.Н. Приступок, В.Ю. Федоров М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Электрон. дан. и прогр. (7Мб) – М.: Издательство МИСИ–МГСУ, 2018. – Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. – Загл. с титул. экрана. – С. 207–212.

77. Гилетич, А.Н. Европейские методы определения тепловых воздействий на строительные конструкции при пожаре / А.Н. Гилетич, И.Р. Хасанов, С.В. Зотов // Пожарная безопасность. 2012. – № 1. – С. 95–108.

78. Дешевых, Ю.И. Гармонизация нормативных документов в области пожарной безопасности / Ю.И. Дешевых // Федеральный строительный рынок. –

2013. – № 111. – С. 36–39.

79. Еремина, Т.Ю. Гармонизация российских и международных нормативных документов по испытаниям на огнестойкость строительных материалов и изделий / Т.Ю. Еремина, В.Е. Фадеев // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 6(58). – С. 1–7.

80. Еремина, Т.Ю. Некоторые вопросы обеспечения пожарной безопасности зданий аэропортов / Т.Ю. Еремина, В.Е. Фадеев // Пожарная безопасность. – 2015. – № 2. – С. 144–151.

81. Еремина, Т.Ю. Нормативное регулирование вопросов обеспечения пожарной безопасности зданий аэропортов. Перспективы строительства и развития аэропортов в Арктическом регионе / Т.Ю. Еремина, В.Е. Фадеев, Е.Н. Кадочникова // Материалы VI международной научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы». – Санкт-Петербург. – 2014. – С. 80–83.

82. Еремина, Т.Ю. Особенности обеспечения пожарной безопасности зданий аэропортов / Т.Ю. Еремина, В.Е. Фадеев // Научно-практическая конференция «Безопасность. Инновации в XXI в.». – Санкт-Петербург. – 2014. – С. 68–81.

83. Еремина, Т.Ю. Особенности применения противопожарных преград в виде экранных конструкций (стен) для защиты большепролетных пространств (на примере объектов транспортной инфраструктуры) / Т.Ю. Еремина, В.Е. Фадеев // Горение и проблемы тушения пожаров: материалы XXIX Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – М.: ВНИИПО, 2017. – Ч. 2. – С. 38-41.

84. Еремина, Т.Ю. Инновационные решения в практике пожарной безопасности / Т.Ю. Еремина, В.Е. Фадеев, Е.А. Николаева, Д.А. Минайлов // Тезисы доклада на международной конференции «Система обеспечения пожарной безопасности. Состояние, тенденции, пути развития». – Военный институт (инженерно-технический) Военной Академии материально-технического обеспечения. – Санкт-Петербург. – 2017. – С. 96–102.

85. Еремина, Т.Ю. К оценке возможности внедрения экранных стен на объектах с массовым пребыванием людей / Еремина Т.Ю., Фадеев В.Е. // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27. – № 2–3. – С. 57–66.

86. Концепция гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности // Пожарная безопасность. — 2013. – № 3. – С. 147–162.

87. Корольченко, А.Я. Противопожарные шторы (обзор) / А.Я. Корольченко, Д.П. Гетало // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24. – № 4. – С. 56–65.

88. Корольченко, Д.А. Эффективность применения кремнеземной ткани в противопожарных шторах / Д.А. Корольченко, В.М. Черкина, А.А. Евич // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 4(370). – С. 107–111.

89. Косачев, А.А. Огнестойкость противопожарных светопрозрачных конструкций / А.А. Косачев, В.В. Ушанов, В.Е. Фадеев, В.И. Щелкунов, А.В. Павловский // Пожарная безопасность. – 2016– № 4. – С. 101–103.

90. Косачев, А.А. Разработка изменений в ГОСТ Р «Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытания на огнестойкость» / А.А. Косачев, В.В. Ушанов, В.Е. Фадеев, В.И. Щелкунов, А.В. Павловский // Пожарная безопасность. – 2016. – № 4. – С. 123–124.

91. Костерин, И.В. Надежность железобетонных плит перекрытий в условиях пожаров / И.В. Костерин, С.В. Мусликова, В.И. Присадков, В.Е. Фадеев // Пожарная безопасность. – 2016. – № 3. – С. 94–97.

92. Костерин, И.В. Инженерный метод выбора рационального варианта противопожарной защиты объектов с экономической ответственностью / И.В. Костерин, С.В. Мусликова, В.И. Присадков, В.Е. Фадеев // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – № 8. – С. 49–57.

93. Кирюханцев, Е.Е. Влияние падающего теплового потока на поглощательную, отражательную и пропускательную способность закаленного стекла, используемого в светопрозрачной перегородке при пожарах в

многосветных помещениях (атриумах) / Е.Е. Кирюханцев, Р.В. Мироненко // Горение и проблемы тушения пожаров: материалы XXIX Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – М.: ВНИИПО, 2017. – Ч. 2. – С. 214–216.

94. Ляпин, А.В. Современные огне- и дымозащитные преграды / А.В. Ляпин // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Т. 17, № 6. – С. 49–56.

95. Мельников В.С. Натурные огневые испытания фрагментов зданий из сэндвич-панелей / В.С. Мельников, И.Р. Хасанов, С.В. Кириллов, В.Г. Васильев, С.А. Ванин, С.А. Потемкин // Пожарная безопасность. – № 2. – 2016. – С. 120–127.

96. Ройтман, В.М. Оценка огнестойкости строительных конструкций на основе кинетических представлений о поведении материалов в условиях пожара: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03 / Ройтман Владимир Миронович. – Москва, 1987. – 412 с.

97. Ройтман, В.М. Пожарная безопасность зданий повышенной этажности / В.М. Ройтман, В.Г. Щерба. – М.: Жилищное строительство. – 2006. – № 5. – С. 22–25.

98. Стрекалев, А.Н. Гармонизация национальных стандартов Российской Федерации в области пожарной безопасности при участии в Таможенном союзе и вступлении во Всемирную торговую организацию / А.Н. Стрекалев // Материалы Международной конференции «Техническое регулирование в области пожарной безопасности. Формирование нормативно-правовой базы Таможенного союза». – 2013.

99. Ушанов, В.В. Огнестойкость и пожарная опасность сэндвич-панелей и предложения по внесению изменений в нормативные правовые акты по пожарной безопасности в части их применения в зданиях и сооружениях различного функционального назначения / В.В. Ушанов, В.Е. Фадеев, В.С., Харитонов В.И. Щелкунов, А.В. Павловский, А.А. Косачев // Пожарная безопасность. 2016 – № 4. – С. 119–122.

100. Фадеев, В.Е. Последние изменения в области технического регулирования пожарной безопасности / В.Е. Фадеев, А.А. Сдвижков //

Энергоэффективность, энергобезопасность, энергонадзор. – 2015. – № 2. – С. 74–77.

101. Фадеев, В.Е. Совершенствование нормативных требований пожарной безопасности в области технического регулирования: основные направления и перспективы развития / В.Е. Фадеев // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда. – 2015 – № 9 (106). – С. 26–29.

102. Фадеев, В.Е. Особенности технического регулирования в области пожарной безопасности: современное состояние, перспективы развития / В.Е. Фадеев // Материалы XXVII международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности». — Москва: ВНИИПО, 2015. – Ч. 3. – С. 390–398.

103. Фадеев, В.Е. Последние изменения в области технического регулирования пожарной безопасности / В.Е. Фадеев // Практическая конференция «Актуальные проблемы системы обеспечения пожарной безопасности» в рамках 22 Международной выставки технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты «MIPS/Securika». – Москва. – 2016. – С. 10–15.

104. Фадеев, В.Е. Совершенствование современных методов испытаний на огнестойкость на основе внедрения гармонизированных европейских стандартов / В.Е. Фадеев // Материалы XXVIII международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности». – Москва: ВНИИПО, 2016. – Ч. 1. – С. 305–309.

105. Фадеев, В.Е. Исследование предела огнестойкости экранных стен / В.Е. Фадеев // Пожарная безопасность. – 2019. – № 2. – С. 49–53.

106. Хасанов, И.Р. Развитие экспериментальных и теоретических методов исследования огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций / И.Р. Хасанов// Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник докладов V Международной научно-практической конференции. В 2 т. Т 2. – Минск, 2009. – С. 89–110.

107. Хасанов, И.Р. Обеспечение огнестойкости несущих строительных конструкций / Хасанов И.Р., В.И. Голованов // Юбилейный сборник трудов ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Москва: ВНИИПО, 2012. – С. 81–101.

108. Хасанов, И.Р. Использование принципа расширенного применения результатов испытаний строительных конструкций и материалов в европейской системе нормирования пожарной безопасности / И.Р. Хасанов, Т.Ю. Еремина, М.В. Гравит, А.А. Макеев // Архитектура и строительство России. – 2013. – № 3. – С. 24–28.

109. Хасанов, И.Р. Гармонизация европейский и российских нормативных документов, устанавливающих общие требования к методам испытаний на огнестойкость строительных конструкций и применению температурных режимов, учитывающих реальные условия пожара / И.Р. Хасанов, М.В. Гравит, А.А. Косачев, А.В. Пехотиков, В.В. Павлов // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23, № 3. – С. 49–57.

110. Design of buildings to resist progressive collapse. UFC 4-023-03. – Washington : Department of Defense, 2009. – P. 245.

111. Kholshchevnikov, V. Efficiency evaluation criteria of communication paths structure in a complex of buildings of maternity and child-care institutions / V. Kholshchevnikov, D. Korolchenko, O. Zosimova // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 106, Art. No. 01037. – P. 1–11. DOI: 10.1051/matecconf/201710601037.

112. Kinowski, J. Fire tests and classification of vertical, glazed elements of defined fire resistance class / J. Kinowski, P Sulik., B. Sędlak // Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. – 2016. – Vol. 42, Issue 2. – P. 135–140 (in Polish). DOI: 10.12845/bitp.42.2.2016.14.

113. Korolchenko, D. Conceptual problems of high-rise construction and differentiation of research within the urban environment system / D. Korolchenko, V. Kholshchevnikov // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 106, Art. No. 01038. – P. 1–12. DOI: 10.1051/matecconf/201710601038.

114. McGuire, M.F. Stainless steels for design engineers / M.F. McGuire – Materials Park, Ohio : ASM International, 2008. – 225 p.

115. Parlour, B. Protecting buildings from fire / B. Parlour // Fire safety. – 2004. – № 5. – P. 18–19.

116. Специальные технические условия по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты: здание аэровокзального комплекса (пассажирского терминала) аэропорта «Симферополь», расположенного по адресу: республика Крым // Материалы заседаний нормативно-технических советов Главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации. г. Симферополь, 2016 г. – Симферополь, 2016. – С. 21.

117. Специальные технические условия по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты: Новый аэровокзальный комплекс внутренних/международных воздушных линий Международного аэропорта «Баландино – Челябинск» (СЕК), расположенного по адресу: г. Челябинск, Металлургический район, Аэропорт // Материалы заседаний нормативно-технических советов ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации. г. Челябинск, 2017 г. – Челябинск, 2017. – С. 17.

118. Специальные технические условия по обеспечению пожарной безопасности объекта защиты: Новый аэровокзальный комплекс внутренних/международных воздушных линий Международного аэропорта «Большое Савино» – Пермь по адресу: Пермский край, Пермский район, аэропорт «Большое Савино» // Материалы заседаний нормативно-технических советов ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации. г. Пермь, 2014 год. – Пермь, 2014. – С. 15.

**Приложение А
(обязательное)**

АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ



ООО «Спектрум-Холдинг»

105005, Москва, набережная им. Академика
А.Н. Туполева, д. 15, корпус 29
Тел./факс: (495) 981-68-88
199178, Санкт-Петербург, 7-ая линия ВО,
д. 76, лит. А, БЦ Сенатор
Тел. +7 (812) 332-60-32
Факс +7 (812) 332-60-33
E-mail: spectrum@spgr.ru
www.spectrum-group.ru

№ *29521*
24 мая 2019 г.

В Диссертационный совет
Д 205.002.02

129366, г. Москва, ул. Бориса
Галушкина, д. 4

АКТ

**внедрения результатов диссертационного исследования
Фадеева Виктора Евгеньевича при подготовке проектной документации на
объекты капитального строительства**

Настоящим Актом удостоверяется, что наша организация в процессе проектной деятельности высоко оценила теоретические разработки и практические рекомендации диссертационного исследования Фадеева Виктора Евгеньевича «Предотвращение распространения пожара посредством применения экранных стен в пассажирских терминалах».

В рамках проектирования Новых аэровокзальных комплексов внутренних/международных воздушных линий Международных аэропортов «Баладино – Челябинск», расположенного по адресу: г. Челябинск, Металлургический район, Аэропорт, а также «Большое Савино»-Пермь – по адресу: Пермский край, Пермский район, аэропорт «Большое Савино», были проработаны условия и особенности применения методики Фадеева В.Е. и сделан следующий вывод:

Результаты диссертационного исследования имеют высокую практическую значимость. Широкий спектр возможностей применения экранных стен делает предлагаемые проектные решения действительно актуальными, привлекательными и экономически целесообразными при проектировании технически сложных уникальных объектов с массовым пребыванием людей.

Наша организация выражает глубокую признательность Фадееву В.Е. за предоставленную возможность практического применения подобных инновационных решений, соответствующих последним достижениям науки и техники.

Директор по управлению проектами



С.В. Фролов

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Департамента
надзорной деятельности и
профилактической работы
МЧС России
полковник внутренней службы



Ф.Ш. Еникеев

2018 г.

АКТ

**внедрения результатов диссертационного исследования подполковника
внутренней службы Фадеева Виктора Евгеньевича в нормативные
правовые акты и нормативные документы по пожарной безопасности**

Комиссия в составе: заместителя начальника отдела нормативно-технического и перспективного развития пожарной безопасности Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России (далее – ДНПР МЧС России) С.Р. Шалкеева, старшего инспектора отдела нормативно-технического и перспективного развития пожарной безопасности ДНПР МЧС России А.А. Панова, инспектора отдела нормативно-технического и перспективного развития пожарной безопасности ДНПР МЧС России А.П. Кравчука подтверждает, что при разработке Федерального закона от 29 июля 2017 г. № 244-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также проекта межгосударственного стандарта ГОСТ EN 15254-6 «Расширенное применение результатов испытания на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 6. Экранные стены» использовались результаты диссертационного исследования «Методика применения экранных стен для снижения распространения опасных факторов пожара для пассажирских терминалов» Фадеева В.Е., касающиеся разработки методологических основ и нормативных положений в части применения экранных стен, предназначенных для предотвращения распространения пожара.

Председатель комиссии:

С.Р. Шалкеев

Члены комиссии:

А.А. Панов

А.П. Кравчук



• **ЦНИИПРОМЗДАНИЙ** •

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений – ЦНИИПромзданий» (АО «ЦНИИПромзданий»)

РФ, 127238, г. Москва, Дмитровское шоссе, дом 46, корп. 2
Телефон: +7 (495) 482 45 06; факс +7 (495) 482 43 06
e-mail: cniipz@cniipz.ru; http://www.cniipz.ru
ОГРН 1027739344544, ИНН 7713006939, КПП 771301001

В Диссертационный совет
Д 205.002.02

129366, г. Москва,
ул. Бориса Галушкина, д. 4

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования Фадеева Виктора Евгеньевича при подготовке проектной документации на объекты капитального строительства

Настоящим Актом удостоверяется, что нашей организацией в процессе проектной деятельности широко применяются теоретические разработки и практические рекомендации диссертационного исследования Фадеева Виктора Евгеньевича «Предотвращение распространения пожара посредством применения экранных стен в пассажирских терминалах».

В виду экономической целесообразности и широкого спектра возможности применения экранных стен предлагаемые проектные решения были реализованы при проектировании второй очереди пассажирского терминала А аэропорта Внуково.

Внедрение результатов диссертационного исследования подтвердили их актуальность и высокую практическую значимость при создании технически сложных уникальных объектов с массовым пребыванием людей.

Наша организация выражает глубокую признательность Фадееву В.Е. за предоставленную возможность практического применения подобных инновационных решений, соответствующих последним достижениям науки и техники.

Генеральный директор
АО ЦНИИПромзданий, д.т.н.

Гранев В.В.

Заместитель руководителя отдела
научных исследований, к.т.н.

Стороженко Т.Е.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2689527

**Огнестойкий заполнитель для противопожарной экранной
ненесущей стены**

Патентообладатели: *Фадеев Виктор Евгеньевич (RU), Еремина
Татьяна Юрьевна (RU)*

Авторы: *Фадеев Виктор Евгеньевич (RU),
Еремина Татьяна Юрьевна (RU)*

Заявка № 2018120036

Приоритет изобретения 30 мая 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 мая 2019 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 30 мая 2038 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Иванев



Приложение Б
(обязательное)

ПРОЕКТ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА
«РАСШИРЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ
НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ. НЕНЕСУЩИЕ СТЕНЫ.
ЧАСТЬ 6. ЭКРАННЫЕ СТЕНЫ»

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И
СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)**

**INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND
CERTIFICATION
(ISC)**



**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ**

ГОСТ EN 15254-6

*(проект RU,
окончательная
редакция)*

**РАСШИРЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИСПЫТАНИЯ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ**

Ненесущие стены

Часть 6. Экранные стены

EN 15254-6:2014

**EXTENDED APPLICATION OF RESULTS FROM FIRE RESISTANCE
TESTS — NON-LOADBEARING WALLS. PART 6: CURTAIN WALLING
(IDT)**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению
до его утверждения

Москва 2016

Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

Цели и основные принципы по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения», а правила проведения работ по межгосударственной стандартизации – в настоящем стандарте.

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

2 ВНЕСЕН МТК 274 «Пожарная безопасность»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации

За принятие стандарта проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации

4 Настоящий стандарт идентичен европейскому стандарту EN 15254-6:2014 «Расширенное применение результатов из испытаний на огнестойкость. Ненесущие стены. Часть 6. Экранные стены» (EN 15254-6:2014 Extended application of results from fire resistance tests. Non-loadbearing walls. Curtain walling, IDT)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ № _____ межгосударственный стандарт ГОСТ _____ введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с _____

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация также будет опубликована в сети Интернет на сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты».

В Российской Федерации информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет.

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

- 1 Область применения
 2. Нормативные ссылки
 3. Термины и определения
 4. Принципы
 - 4.1 Общие принципы
 - 4.2 Использование данных испытаний
 - 4.3 Анализ результатов испытаний
 - 5 Основные правила
 - 5.1 Классификация огнестойкости
 - 5.2 Комбинация расширенного применения
 - 5.3 Превышение времени
 - 6 Особые правила для несущих ограждающих конструкций тип В
 - 6.1 Общие правила
 - 6.2 Правила для общей конструкции
 - 6.3 Каркасная система
 - 6.4 Огнестойкие полупрозрачные или прозрачные вставки
 - 7 Особые правила для несущих ограждающих конструкций тип А
 - 7.1 Общие
 - 7.2 Правила для конструкции в целом
 - 7.3 Системы каркаса
 - 7.4 Огнестойкие прозрачные и полупрозрачные вставки
 - 8 Протокол испытания расширенного применения
 - 8.1 Содержание протокола испытаний расширенного применения
 - 8.2 Пересмотр протокола расширенного применения
 - Приложение А (рекомендуемое). Расчет излучения
 - А.1 Общее
 - А.2 Прямоугольные огнестойкие прозрачные или полупрозрачные вставки
 - А.3 Круглые огнестойкие прозрачные или полупрозрачные вставки
 - А.4 Огнестойкие прозрачные или полупрозрачные вставки других форм с классификацией EW
-

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

РАСШИРЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

Ненесущие стены

Часть 6. Экранные стены

EN 15254-6:2014

Extended application of results from fire resistance tests — Non-loadbearing walls. Part
6: Curtain walling
(IDT)

Дата введения – _____

1 Область применения

Данный стандарт устанавливает и, где необходимо, определяет процедуру определения точных параметров и факторов, регламентирующих проектирование ненесущих ограждающих конструкций в соответствии с EN 13830, которые были испытаны в соответствии с EN 1364-4 и классифицируются в соответствии с EN 13501-2 (тип В ненесущие навесные конструкции в соответствии с 3.2), составных частей ненесущих ограждающих конструкций типа А и В на основании 3.1 и 3.2, стеновых панелей, испытанных в соответствии с EN 1364-4 и классифицирующихся в соответствии с EN 13501-2.

Проект, первая редакция

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие документы:

EN 1363-1 «Испытания на огнестойкость – Часть 1: Общие требования»;

EN 1363-2 «Испытания на огнестойкость – Часть 2: Альтернативные и дополнительные процедуры»;

EN 1364-3 «Испытания на огнестойкость для ненесущих конструкций – Часть 3: Конструкции ненесущие ограждающие – полная конфигурация»;

EN 1364-4: 2014 «Испытания на огнестойкость для ненесущих конструкций – Часть 4: Конструкции ненесущие ограждающие – Частичная конфигурация»;

EN 13119 «Конструкции ненесущие ограждающие – Терминология»;

EN 13501-2 «Пожарная классификация строительных изделий и элементов – Часть 2: Классификация, использующая результаты испытаний на огнестойкость, кроме обслуживания вентиляции»;

EN 13830 «Конструкции несущие ограждающие – Стандарт изделия».

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю «Национальные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом, следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями, изложенные в EN 1363-1, EN 1363-2, EN 1364-3, EN 1364-4, EN 13119, EN 13830, EN ISO 13943, из которых в данном стандарте используются:

3.1 Конструкции несущие ограждающие тип А (определение см. EN 1364-3).

3.2 Конструкции несущие ограждающие тип В (определение см. EN 1364-3).

3.3 Вертикально ограниченные несущие ограждающие конструкции – несущие ограждающие конструкции с вертикальной и наклонной частью без крепления на стыке (см. изображение 1).

4 Принципы

4.1 Общие принципы

Расширенное применение – это ожидаемое поведение несущей ограждающей конструкции и ее компонентов при воздействии пламени. Определение может основываться на интерполяции и экстраполяции данных, полученных в ходе испытаний в соответствии с EN 1364-3 и/или EN 1364-4.

Несущая ограждающая конструкция функционирует как интегральная система, в которой каждый отдельный элемент (рамы и крепежные системы, панели заполнения каркаса, уплотнители по периметру и вертикальные уплотнители зазоров) подобраны таким образом, чтобы эффективно определять показатели огнестойкости. В данном документе, в дополнение к правилам для конструкции в целом, определены правила для отдельных составляющих несущих ограждающих конструкций: система фиксации, панели заполнения каркаса, методы их крепления, уплотнители по периметру и вертикальные

уплотнители зазоров, а также несущих конструкций (стены, пол).

4.2 Использование данных испытаний

Заявитель, предполагающий применение данных, должен являться их владельцем (заказчиком) или иметь письменное разрешение от владельца на использование представленных данных.

4.3 Анализ результатов испытаний

Для увеличения области применения очень важно вести протокол с регистрацией всех моментов, в части преждевременной потери целостности или повреждения изоляции.

В случае повторного проведения серии испытаний расширенная область применения должна основываться на наименьших показателях, достигнутых при проведении полной серии испытаний, за исключением случая, когда преждевременное повреждение объясняется одной или более особенностью конструкций.

Там где необходимо, для определения особых параметров повреждений при расширенном применении для всех других вариантов конструкций могут использоваться данные, полученные после устранения преждевременных повреждений.

5 Основные правила

5.1 Классификация огнестойкости

При расширенном применении не допускается изменение параметров: увеличение времени стандартного испытания (с 30 до 45 минут), а также изменение параметров огнестойкости (от *E* до *EW* и *EI*).

5.2 Комбинация расширенного применения

Каждое расширенное применение должно быть предметом отдельной оценки. В пределах указанного применения допускается комбинирование при подтверждении такой возможности данными испытаний.

5.3 Превышение времени

Для применения некоторых правил необходимо сравнить превышение времени по результатам испытаний с нормативными параметрами. Допустимое превышение указано в таблице 1.

Превышение времени допускается по следующим критериям:

E – по потере целостности;

EW – по потере целостности и достижения предельной величины плотности теплового потока;

EI – по потере целостности и теплоизолирующей способности.

Таблица 1 – превышение времени

Время классификации	Превышение времени
≤ 20 мин	Минимум 3 мин
30, 45 и 60 мин	Минимум 6 мин
≥ 90 мин	Минимум 10 % от времени классификации

6 Особые правила для несущих ограждающих конструкций тип В

6.1 Общие правила

Требуется как минимум одно испытание в соответствии с EN 1364-3. Оценка расширенной области применения может основываться на дополнительных результатах испытания в соответствии с EN 1364-4 или EN 1364-3. Правила, приведенные в п.п. 6.2–6.4, применяются только для цельных конструкций, если не предусмотрено иное.

Применение указанных правил, в результате которых увеличивается вес навесной конструкции, возможно только в том случае, если крепление рамы выполнено с учетом максимальной нагрузки. Необходимо учитывать величину температуры при креплении рамы.

6.2 Правила для общей конструкции

6.2.1 Ширина ограждающей конструкции при классификации EW

Результаты испытаний распространяются на навесные конструкции с параметрами *EW*, которые пересекают одну (или более) противопожарную преграду с расстоянием между ними, превышающим ширину испытываемой конструкции, при условии, что в дополнение к критериям, представленным в EN 1364-3, учитывается критерий излучения для большей площади. Критерий излучения определяется в соответствии с формулой A.1. Результат расчета должен превышать испытываемую ширину в три раза или составлять не менее 9 м, в случае превышения данных показателей, результат применяется для большей ширины.

Увеличение ширины допускается при условии точного соответствия испытываемой конструкции (в особенности типа, размера панелей заполнения каркаса).

6.2.2 Длина фрагмента для ограждающей конструкций классификации EW

Результаты испытаний являются также действительными для ограждающих конструкций классификации *EW* для длины фрагмента большей, чем используется в испытании в случае, если в дополнение к критерию, представленному в EN 1364-3, выполняется критерий излучения для большей площади. Параметры излучения определяются в соответствии с формулой A.1. Это правило применяется для унификации конструкций.

6.2.3 Угол установки (вертикальный, наклонный)

Результаты испытаний распространяются при угловой установке между максимальным и минимальным углами, используемыми в испытаниях. Это правило применяется к блочным конструкциям.

6.2.4 Вертикально ограниченная ограждающая конструкция

Результаты испытаний распространяются на все углы между вертикальными смежными панелями заполнения каркаса, между максимальным и минимальным углами, используемыми в испытании. Это правило применяется для блочных конструкций.

6.2.5. Горизонтально ограниченная ненесущая ограждающая конструкция

Для углов и углов между плоскостями правила EN 1364-3 не применяются. Следует применять следующие правила:

по признакам *EI*: результаты испытаний образцов с гранями на основании EN 1364-3, использующих опытные конфигурации *A* и *B* или *E* в соответствии с EN 1364-3:2014 (рисунок 8), и как минимум одного испытания прямого образца, в отношении всех углов между горизонтальными смежными панелями заполнения каркаса (в среднем от 45 до 315° (рисунок 2)) с признаками *EI* (o-i);

по признакам *E*, *EW*: результаты испытаний образцов с гранями на основании EN 1364-3, использующих опытные конфигурации *A*, *B*, *C* и *D* или *E* и *F* в соответствии с EN 1364-3:2014 (рисунок 8), и как минимум одно испытание прямого образца, в отношении всех углов между смежными панелями заполнения каркаса (в среднем от 45 или 315° (рисунок 2)) с признаками *E*(o-i) или *EW* (o-i) соответственно.

6.2.6. Включение в состав ненесущих конструкций с гранями дверей и окон

В составе ненесущих конструкций могут встраиваться двери и окна. Положения EN 15269 могут быть использованы при условии проведения дополнительных испытаний, предусмотренных стандартами серии EN 15269 с использованием ненесущих конструкций в комплексе с указанными элементами с параметрами: $d \geq 200$ мм (рисунок 3).

При этом, рекомендуются параметры $d \geq 500$ мм.

Область применения таких ограждающих конструкций может быть использована для конструкций с дверями и окнами при условии проведения их испытаний в комплексе с дверями и окнами:

при внутреннем огневом воздействии и поверхности *S1*, подверженной огневому воздействию способами, указанными в EN 1364-3 и EN 1364-4 и с наименьшим размером стойки окна в случае использования деревянного каркаса или с наибольшим размером стойки окна в случае использования металлического каркаса.

Данные правила применяются также к блочным (составным) конструкциям.

6.3 Каркасная система

6.3.1 Параметры стойки окна и поперечины

Все параметры стойки окна и поперечины установлены при помощи испытаний с использованием максимального и минимального размера.

6.3.2 Связь между стойкой окна и поперечиной

6.3.2.1 Геометрическая связь

Для углов между стойкой окна и поперечиной устанавливается диапазон от минимума 80 градусов до максимума 100 градусов (см EN 1364-3).

Для внешних углов между стойкой окна и поперечиной устанавливается диапазон от 80 градусов до 100 градусов, таким образом, результаты испытаний углов меньше 80 градусов будут действительны для испытываемого угла от 90 градусов, результаты испытаний углов больше 100 градусов – для испытываемого угла в 90 градусов (см. рисунок 4).

6.3.2.2 Другие панели заполнения системы фиксации, за исключением прижимной пластины

Результаты испытаний с малым реберным покрытием/частичным наложением на панель заполнения каркаса также действительны для более высоко реберного покрытия/частичного наложения, но не наоборот. Данное правило применяется как для внешнего, так и для внутреннего реберного покрытия. Данное правило не применяется для классификации *E* и *EW* в случае если панели заполнения каркаса являются прозрачными или полупрозрачными.

6.4 Огнезащитные полупрозрачные или прозрачные вставки

6.4.1 Тип огнестойкой полупрозрачной или прозрачной вставки

6.4.1.1 Классификация EI

Результаты испытаний огнестойких прозрачных и полупрозрачных вставок типа *A* в соответствии с п. 13.4.3.1.1 и рисунок 23 EN 1364-3:2014 с направлением воздействия $\bar{i} \rightarrow o$ в сочетании с результатами испытаний огнестойких вставок типа *C* в соответствии с п. 13.4.3.1.1 и рисунок 23 EN 1364-3:2014 с направлением воздействия $o \rightarrow i$ охватывают оба направления воздействия ($\bar{i} \rightarrow o$ и $o \rightarrow i$) для огнестойких прозрачных и полупрозрачных вставок типов *A*, *B* и *C* в соответствии с 13.4.3.1.1 и рис 23 EN 1364-3:2014.

6.4.1.2 Условия

Правило, представленное в п 6.4.1.1., действительно только при следующих условиях:

стеклянные компоненты, обеспечивающие огнестойкость, относятся к тому же типу, что и испытываемые (монолитные, ламинированные или гелиевые) и

изготовлены тем же производителем;

огнестойкие полупрозрачные и прозрачные вставки с маркировкой CE относятся к классификации, соответствующей EN 13501-2, не менее чем в одной стеклянной конструкции.

6.4.2 Параметры единичных круглых, треугольных и прямоугольных четырехсторонних огнестойких полупрозрачных и прозрачных вставок

Область может быть расширена

на основании испытаний, проведенных в соответствии с EN 1364-3 (стандарт на круглые, треугольные и прямоугольные четырехсторонние огнестойкие полупрозрачные и прозрачные вставки);

на основании испытаний, проведенных в соответствии с EN 1364-3 (стандарт на огнестойкие полупрозрачные и прозрачные вставки).

В случае если основанием является испытание круглых, треугольных или прямоугольных четырехсторонних огнестойких полупрозрачных и прозрачных вставок область может быть расширена в соответствии с формулой (1), при условии:

расширенная огнестойкая полупрозрачная и прозрачная вставка имеет то же направление (ориентирование) и ту же форму, что и испытываемая огнестойкая полупрозрачная и прозрачная вставка.

Все стыки каркаса должны быть испытаны в соответствии с EN 1364-3.

$$(1) \quad A_{ext} \leq A_{max} = A_0 \cdot F$$

A_0 – это область испытываемого огнестойкого полупрозрачного или прозрачного заполнения, м²;

A_{ext} – это расширенная область, м²;

A_{max} – это максимальная расширенная область, м²;

F – коэффициент, зависящий от превышения:

$F = 1,2$ – при превышении времени в соответствии с таблицей 1;

$F = 1,1$ – в случае если превышение меньше соответствующего требования таблицы 1, но не менее 50 % от требуемого значения с округлением до полной минуты.

В случае если основанием является испытание прямоугольных огнестойких полупрозрачных или прозрачных вставок площадь круглых, треугольных и прямоугольных четырехсторонних огнестойких полупрозрачных или прозрачных вставок может быть увеличена до размера, соответствующего размеру прямоугольной огнестойкой полупрозрачной или прозрачной вставки, используемой в испытании с учетом области применения, представленной в EN 1364-3.

Область применения других прямоугольных форм может быть расширена только до размера, соответствующего размеру прямоугольной огнестойкой панели заполнения, используемой в испытании при условии, что соответствующие соединения каркаса были испытаны в соответствии

с EN 1364-3.

Правила для огнестойких полупрозрачных или прозрачных вставок с классификацией *EW*, представленные в 6.4.2 также могут быть применены при условии:

величина излучения (W_0) определена испытанием, проведенным в соответствии с EN 1364-3, измерена в соответствии с EN 1363-2 и правилами EN 1364-3;

величина излучения (W_{ext}) вычислена для расширенной области огнестойкой прозрачной или полупрозрачной вставки в соответствии с критериями, предусмотренными классификацией *EW* по с EN 13501-2;

величина излучения (W_{ext}) вычислена в соответствии с А.2 (прямоугольная панель заполнения), А.3 (круглая панель заполнения) или А.4 (другие формы);

величина излучения (W_{ext}) является равной или меньшей W_{max} , соответствующей величине, представленной в EN 13501-2.

Внимание: в соответствии с EN 1363-2 радиометр не подходит для измерения излучения от отдельных остекленных единиц в составе несущей навесной конструкции с огнестойким остеклением.

6.4.3 Геометрическая форма

Результаты испытаний для прямоугольной панели действительны для всех форм при условии, что их размер подогнан под размер тестируемой прямоугольной панели, при условии соблюдения правил пункта 6.3.2.1.

7 Особые правила для несущих ограждающих конструкций тип А

7.1 Общие

Возможно применение следующих правил к результатам испытаний из EN 1364-4 для подоконной стеновой панели и из EN 1364-3 или 1364-4 для уплотнителя по периметру. Правила, приведенные в п. 7.2 и 7.4, могут быть применены к клееным конструкциям в тех случаях, когда не предусмотрено иное.

7.2 Правила для конструкции в целом

7.2.1 Ширина несущей ограждающей конструкции классификации *EW*

Результаты испытаний также действительны для несущих ограждающих конструкций классификации *EW*, выступающие за одну и более противопожарную преграду, с расстоянием между противопожарными преградами больше, чем ширина испытываемой конструкции, если в дополнение к значению, данному в EN 1364-3, выполнен критерий излучения для получившейся в результате большей области. Критерии излучения оцениваются в соответствии с правилами, представленными в А.1. Результат вычисления,

превышающий трехкратную величину испытываемой ширины, применяется для любой ширины, большей испытываемой.

Увеличение ширины допускается в том случае, если полностью воспроизведена испытываемая конструкция (в особенности вид, параметры вставки) в том же виде, как и испытывалась.

7.2.2 Угол установки (вертикальный/наклонный)

Результаты испытаний действительны для всех величин угла установки между максимальным и минимальным значением, используемым в испытаниях. Данное правило также может быть применено к блочным конструкциям.

7.2.3 Ненесущая ограждающая конструкция с вертикальными гранями

Результаты испытаний действительны для всех величин между гранями угла между максимальным и минимальным значением, используемым в испытаниях. Данное правило может быть применено к соединенным конструкциям.

7.2.4. Ненесущая ограждающая конструкция с горизонтальными гранями

Для углов и углов между плоскостями, не подпадающих под положения, представленные в EN 11364-4, применимы следующие правила:

EI: результаты испытаний образцов с гранями в соответствии с EN 1364-4 при использовании конфигураций для испытания *A*, *B* или, в качестве варианта, *E* представлены на Рисунке 3 EN 1364-4:2014, и как минимум одного прямого образца с углами от 45 до 315° (рисунок 2) с классификацией *EI* ($o \leftrightarrow i$).

E, *EW*: результаты испытаний образцов с гранями в соответствии с EN 1364-4 при использовании конфигураций для испытания *A*, *B*, *C* и *D* или, в качестве варианта, *E* и *F*, как указано в EN 1364-4:2014 (Рисунок 3) и, как минимум, одного прямого образца для всех углов от 45 до 315° (рисунок 2) с классификацией *E* ($o \leftrightarrow i$) или *EW* ($o \leftrightarrow i$) соответственно.

7.3 Система каркаса:

7.3.1 Параметры стойки окна и поперечины (см. 6.3.1);

7.3.2 Связь между стойкой окна и поперечиной (см. 6.3.2);

7.4 Огнестойкие прозрачные и полупрозрачные вставки (см. 6.4)

8. Протокол испытания расширенного применения

8.1 Содержание протокола испытаний расширенного применения

Протокол испытаний расширенного применения, подготовленный с использованием данного стандарта должен содержать следующую информацию:

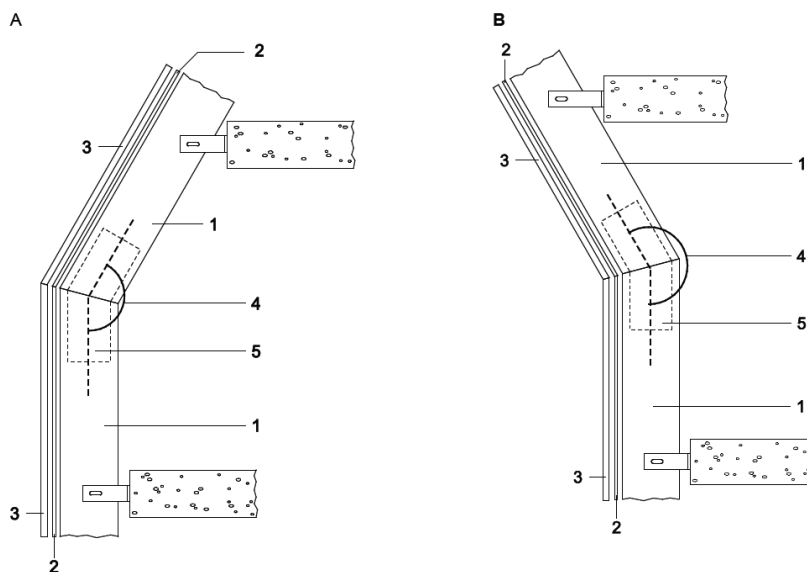
- а) название и адрес выдавшего его органа;
- б) имя и адрес заказчика;

- в) дата выпуска протокола расширенного применения;
- г) индивидуальный идентификационный номер протокола;
- д) краткое содержание протокола(-ов), на котором(-ых) основывается расширенное применение;
- е) предполагаемая расширенная область применения результатов испытаний и обоснование для расширения;
- ж) ссылка на документ;
- з) классификация модифицированной конструкции в соответствии с EN 13501-2;
- и) следующее утверждение:

«Расширенное применение основывается на данных испытаний и информации, полученной на момент выдачи протокола. При обнаружении контрольным органом противоречащих сведений результаты будут отозваны. Заявитель будет уведомлен в письменной форме. Расширенное применение также является недействительным в случае последующего испытания оцениваемой конструкции. Расширенное применение действительно на период, определенный протоколом классификации, и по истечении 5 лет рекомендуется представить его на рассмотрение контрольного органа для переоценки».

8.2 Пересмотр протокола расширенного применения

По требованию заявителя эксперт может пересмотреть протокол расширенного применения с целью увеличения срока действия протокола классификации более чем на 5 лет. Цель переоценки – подтвердить, что общая оценка основывается на актуальной информации, а также первоначальная информация, касающаяся испытаний актуальна, а справочные материалы соответствуют справочной методологии. Любой пересмотр расширенного применения должен производиться в соответствии с EN 15254-6.



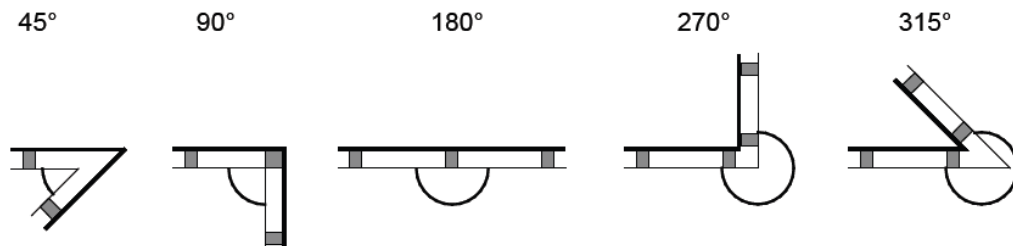
Рисунки.

А – наклон внутрь;

В – наклон наружу.

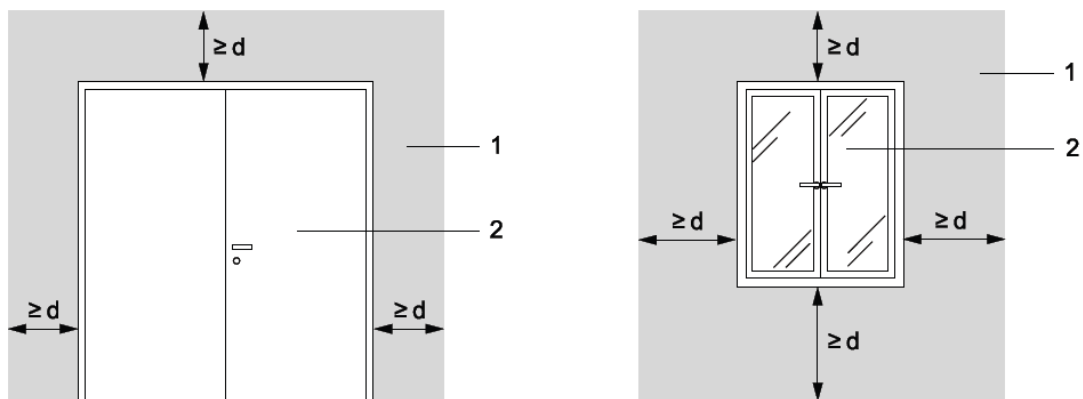
1 – стойка окна; 2 – панель заполнения; 3 – прижимная пластина; 4 – угол между плоскостями; 5 – соединитель (разъем).

Рисунок 1 – несущие ограждающие конструкции с вертикальными гранями



Примечание: Углы со стороны внутренней части здания.

Рисунок 2 – Диапазон углов наклона в соответствии с п. 6.2.4 (в мм)



- 1 – несущая стена как ограждающая конструкция;
- 2 – образец дверного проема/открывающегося окна;
- d – ширина несущей конструкции.

Рисунок 3 – конфигурация испытаний для дверей/ окон, расположенных в составе несущей стены



Рисунок 4 – углы соединения между стойкой и поперечиной (открывающейся частью окна) в соответствии с 6.3.2.1

Приложение А (Рекомендуемое)

Расчет излучения

А.1 Общее.

Формулы с А.1 по А.6 применимы в случае расширенного применения ограждающей конструкций с классификацией EW.

Они могут быть использованы при испытании образца с одинаковой огнестойкостью прозрачной или полупрозрачной вставки на соответствующем отрезке испытываемого образца (ограждающая конструкция тип В) или области перемычки (ограждающая конструкция тип А).

В соответствии с EN 13501-2 классификация излучения должна быть определена до момента, к которому количество излучения не превышает максимальной величины $W_{\max}=15 \text{ kW/m}^2$. Основываясь на этом, та же величина $W_{\max}$ должна быть использована в качестве максимальной величины интенсивности излучения, разрешенной для определения максимальной площади панели заполнения, на которую распространяются результаты испытаний.

Все параметры и формулы, представленные ниже ($W_{\max}$, W_{ext} , W_0 ) относятся к характеристикам образца как испытываемые или характеристики после расширения.

Примечание: увеличение области испытываемого образца является причиной увеличения интенсивности излучения. Следовательно, любое увеличение площади образца как указано в пунктах 6-7 может влиять на предел излучения $W_{\text{ext}} \leq W_{\max}$.

А.2 Прямоугольные огнестойкие прозрачные или полупрозрачные вставки.

Увеличение величины излучения не пропорционально увеличению площади испытываемого образца. Тем не менее, для прямоугольного образца величина излучения может быть подсчитана с помощью применения математических функций, представленных в формулах А1-А3.

$$W_{\text{ext}} = W_0 \times \left[\frac{\varphi_{\text{ext}}}{\varphi_0} \right] \leq W_{\max} \quad (\text{A.1})$$

При этом

$$\varphi_0 = \frac{2}{\pi} \left[\frac{w_0}{\sqrt{w_0^2 + 4d^2}} \times \arctan\left(\frac{h_0}{\sqrt{w_0^2 + 4d^2}}\right) + \frac{h_0}{\sqrt{h_0^2 + 4d^2}} \times \arctan\left(\frac{w_0}{\sqrt{h_0^2 + 4d^2}}\right) \right], \quad (\text{A.2})$$

$$\varphi_{\text{ext}} = \frac{2}{\pi} \left[\frac{w_{\text{ext}}}{\sqrt{w_{\text{ext}}^2 + 4d^2}} \times \arctan\left(\frac{h_{\text{ext}}}{\sqrt{w_{\text{ext}}^2 + 4d^2}}\right) + \frac{h_{\text{ext}}}{\sqrt{h_{\text{ext}}^2 + 4d^2}} \times \arctan\left(\frac{w_{\text{ext}}}{\sqrt{h_{\text{ext}}^2 + 4d^2}}\right) \right], \quad (\text{A.3})$$

где w_{ext} – величина излучения образца после расширения;

w_0 – измеряемое излучение от испытываемого образца во время классификации;

φ_0 – фактор формы для испытываемого образца;
 φ_{ext} – фактор формы для тестируемого образца после расширения;
 d – расстояние между образцом и датчиком (в соответствии с EN 1363-2 – 1 м);
 w_0, h_0 – ширина и высота испытываемого образца;
 w_{ext}, h_{ext} – увеличенная ширина и высота испытываемого образца.

А.3 Круглые огнестойкие прозрачные или полупрозрачные вставки.

Для испытываемых образцов круглой формы применяется формула (А.4):

$$W_{ext} = W_0 \times \left[\frac{\varphi_{ext}}{\varphi_0} \right] \leq W_{max}$$

При этом

$$\varphi_0 = r_0^2 / (r_0^2 + d^2) \quad (A.5)$$

$$\varphi_{ext} = r_{ext}^2 / (r_{ext}^2 + d^2) \quad (A.6)$$

где r_0 – радиус испытываемого образца, м;
 r_{ext} – радиус испытываемого образца после расширения, м;
 d – расстояние между испытываемым образцом и датчиком (в соответствии с EN 1363-2 – 1 м)

А.4 Огнестойкие прозрачные или полупрозрачные вставки других форм с классификацией EW.

Для панелей заполнения других форм (не прямоугольных и не круглых) расширение области допускается путем вычисления площади прямоугольника, описанного вокруг формы панели.

Величина расширенной области должна быть вычислена в соответствии со следующими инструкциями:

1. Определить область испытываемого образца: A_0 ;
2. Определить область описанного прямоугольника: $A_{0-prescr}$;
3. Определить коэффициент умножения $F = A_{0-prescr}/A_0$;
4. Умножить измеряемое излучение W_0 на коэффициент роста F :
 $W'_0 = W_0 F$;

5. Продолжать расчет излучения и расширения области необходимо в соответствии с А.2 как для прямоугольной панели, но с использованием W'_0 вместо W_0 для того чтобы определить максимально допустимое увеличение области (см рис А.1 (как образец)).

В любом случае окончательная величина W_{ext} для расширенного применения должна быть равной W_{max} или меньше W_{max} (см. А1). Это может ограничить расширение области испытываемого образца либо способствовать потере классификации W .

Подобный расчет должен быть предусмотрен в протоколе расширенного применения.

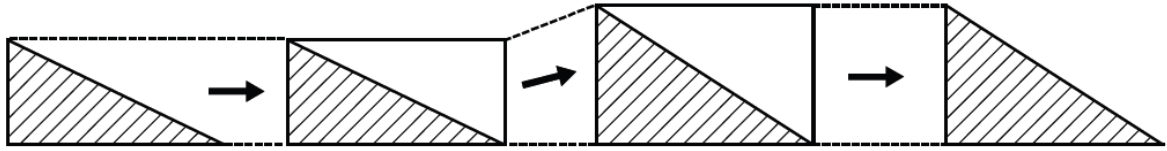
			
i) Испытываемая панель заполнения областью A_0 Излучение: $W_0 = 5 \text{ kW/m}^2$	ii), iii), iv) Описанный прямоугольник с областью $A_{0-\text{rect}}$ Излучение: $W_0' = W_0 \times A_{0-\text{rect}}$ $A_{0-\text{rect}}/A_0 = 10 \text{ kW/m}^2$	v) Подсчитанная расширенная область в соответствии с А.2, но с использованием W_0' вместо W_0	v) Допустимая расширенная область относительно испытываемого образца панели заполнения размера, указанного в i)

Рисунок А.1- Образец для подсчета излучения для нестандартных форм

УДК (047.3):614.841.332:(083.7):006.354 ОКС 13.220.01

Ключевые слова: Испытание на огнестойкость, несущие стены, экранные стены, расширенное применение.

Приложение В
(обязательное)

**РАСЧЕТНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ЭКРАННЫХ СТЕН
НА ПРИМЕРЕ АЭРОВОКЗАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
В Г. СИМФЕРОПОЛЕ**

1. Расчетная модель и программное обеспечение

Для расчета времени эвакуации и времени скопления принята имитационно-стохастическая модель движения людского потока в соответствии с приложением 4 методики, утвержденной приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382.

Данная модель принята для анализа исходя из следующих факторов:

1) проектируемое здание имеет четкую систему эвакуационных путей, которая может быть представлена системой проходов, коридоров и лестниц;

2) в здании при рассмотрении расчетной ситуации находится значительное количество людей, которые при начале движения быстро формируют на путях эвакуации потоки с достаточной степенью достоверности описываемых имитационно-стохастической моделью.

Имитационно-стохастическая модель реализуется программой «СИТИС: Флоутек ВД 2.70.13261», достоверность реализации модели подтверждена Сертификатом соответствия № РОСС RU.СП15.Н00345 и заключением Академии ГПС (письмо от 06.10.2009 № 1539-1-14). Интерфейс программы позволяет анализировать и проверять исходные данные и результаты расчета.

2. Описание сценария «Сценарий_01»

Топология: Топология_01

Количество этажей: 1

Количество выходов: 1

Количество человек: 204

3. Результаты расчета сценария «Сценарий_01» (таблица 1)

3.1. Выход «Выход_01».

Расчетное время эвакуации: 6,81 мин.

Время скопления: 0,02 мин.

Таблица 1 – Расчетное время эвакуации по группам мобильности

ГМ	Время эвакуации, мин
M1	6.79
M4	6.81

3.1.1. Распределение людей по объектам топологии (таблица В.2)

Этаж_01, Выход_01

Таблица В.2 – Расчетная схема эвакуации людей

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	tnэ, мин
Помещение_01	–	–	0,125	M1	3	1,50
Помещение_02	–	–	0,125	M1	3	1,50
Помещение_03	–	–	0,125	M1	3	0,15
-	Проход_01	Люди_01	0,960	M4	5	0,15
-	Проход_02	Люди_06	0,100	M1	5	0,15
-	Проход_02	Люди_07	0,100	M1	15	0,15
-	Проход_02	Люди_08	0,100	M1	5	0,15

Окончание таблицы В.2

-	Проход_02	Люди_09	0,100	М1	15	0,15
-	Проход_03	Люди_10	0,100	М1	5	0,15
-	Проход_03	Люди_11	0,100	М1	15	0,15
-	Проход_03	Люди_12	0,100	М1	15	0,15
-	Проход_03	Люди_13	0,100	М1	5	0,15
-	Проход_04	Люди_02	0,100	М1	15	0,15
-	Проход_04	Люди_03	0,100	М1	15	0,15
-	Проход_04	Люди_04	0,100	М1	5	0,15
-	Проход_04	Люди_05	0,100	М1	5	0,15
-	Проход_05	Люди_14	0,100	М1	15	0,15
-	Проход_05	Люди_15	0,100	М1	5	0,15
-	Проход_05	Люди_16	0,100	М1	5	0,15
-	Проход_05	Люди_17	0,100	М1	15	0,15
Всего					168	
Помещение_04	–	–	0,125	М1	30	1,50
				Всего М1	199	
				Всего М4	5	
				Всего:	204	

3.2. Общая информация по сценарию «Сценарий_01» (рисунки В.1–В.2).

Расчет выполнен для топологии «Топология_01» (таблицы В.3–В.5).

Максимальное время движения при плотности потока D больше $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ наблюдается при движении к выходу Выход_01 и составляет 0,02 мин.

Таблица В.3 – Время движения к выходу

Сценарий	Выход_01
Сценарий_01	6,81 мин (204 чел.)

Таблица В.4 – Расчетные точки

Сценарий	Расчетная точка РТ	Время начала эвакуации $t_{н.э}$, мин	Время эвакуации $t_э$, мин	Время скопления $t_{ск}$, мин	Объект топологии	Этаж
Сценарий_01				0,02	Выход_01	
	рт_01	0,15	0,99		Помещение_03	Этаж_01
	рт_02	0,15	6,81		Коридор_01	Этаж_01

Таблица В.5 – Время выхода с этажей

Этаж	Выход_01
Этаж_01	6,81 мин (204 чел.)

Максимальное время движения при плотности потока D больше $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ наблюдается при движении к выходу Выход_01 и составляет 0,02 мин.

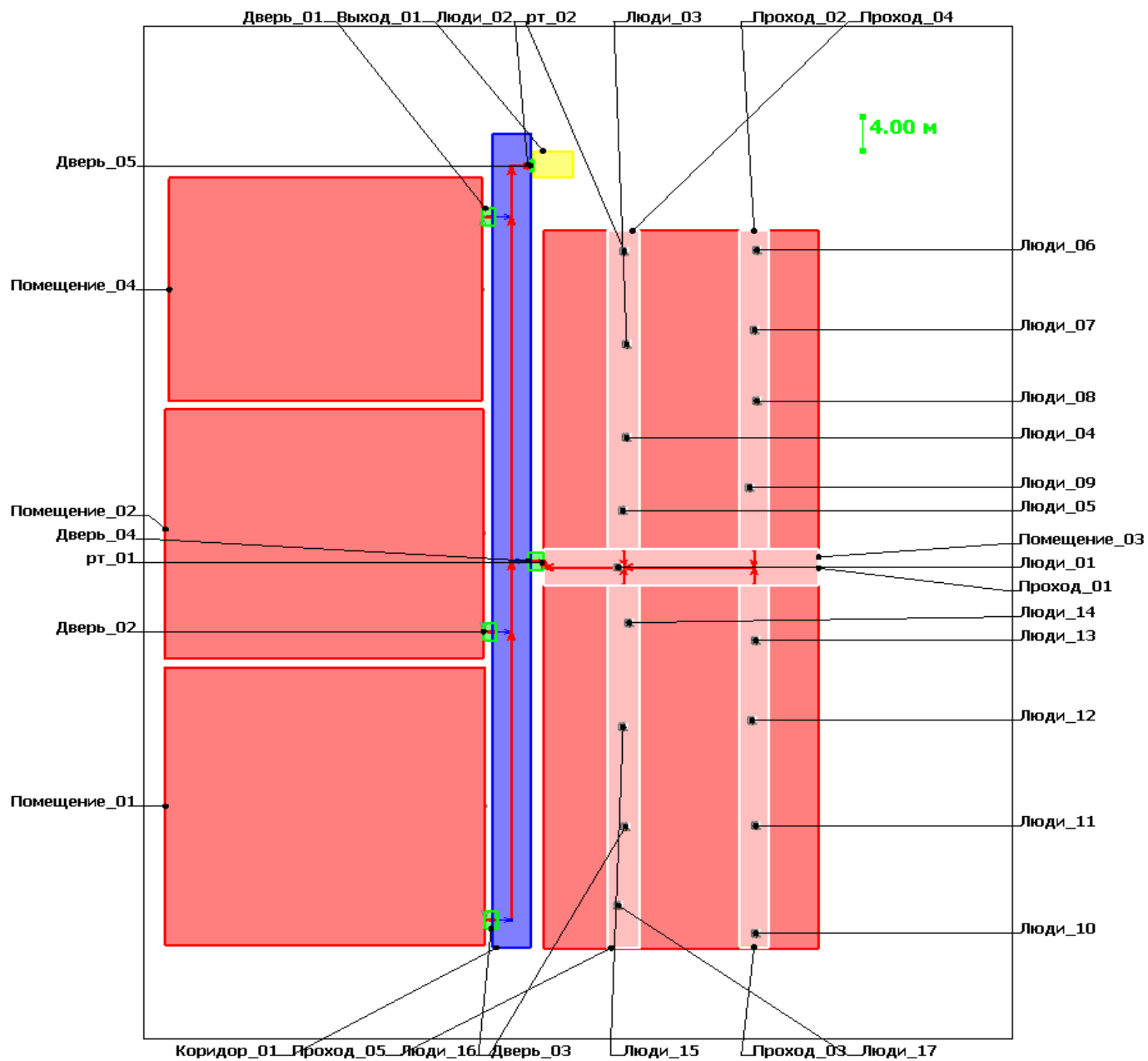


Рисунок В.1 – Расчетная схема эвакуации. Этаж_01

Этаж_01.

Количество выходов на этаже: 1.

Количество человек на этаже: 204.

Время движения к выходам:

Выход_01 - 6,81 мин (204 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 6,81 мин (Выход_01)

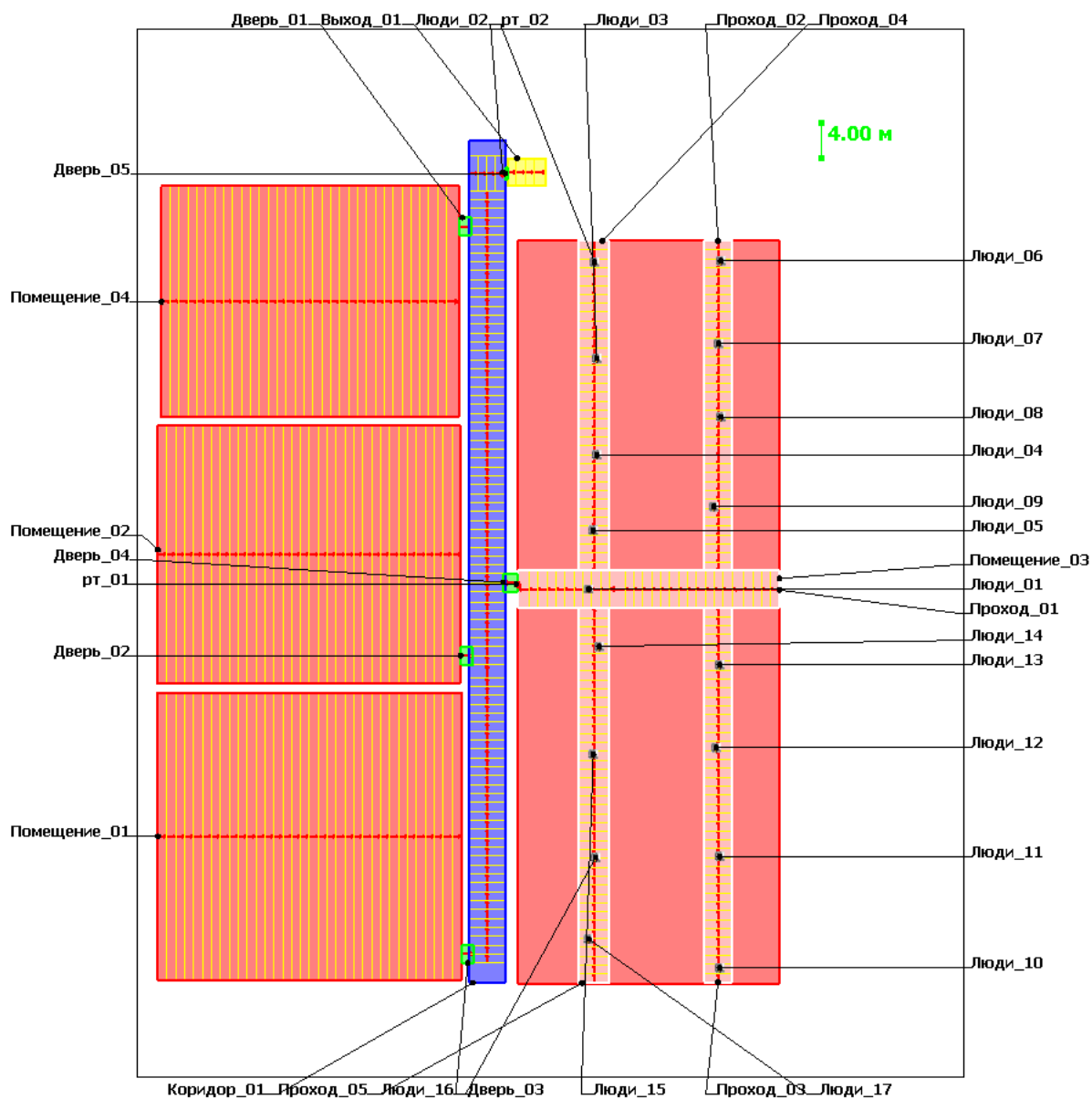


Рисунок В.2 – Расчетные участки. Этаж_01

Этаж_01.

Время движения к выходам:

Выход_01 - 6,81 мин (204 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 6,81 мин (Выход_01).

4. Выбор расчетной модели с учетом открытого проема.

Выбор расчетной модели базируется на анализе объемно-планировочных решений объекта и особенностях сценария.

Основанием для выбора зонной модели (рисунок 3) послужили следующие особенности:

объект представляет собой систему помещений простой геометрической конфигурации, линейные размеры которых соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в 5 раз);

размер источника пожара достаточен для формирования дымового слоя и при этом меньше размеров объекта.

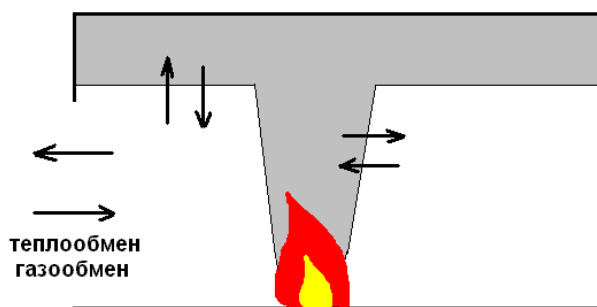


Рисунок В.3 – Зонная модель пожара

Зонная модель предполагает выделение в помещении нескольких зон: дымовой слой, незадымленный слой, конвективная колонка, в которых термодинамические параметры можно считать однородными. При моделировании решается система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих основные законы сохранения, замкнутая дополнительными экспериментальными соотношениями (таблицы В.6–В.11, рисунок В.4).

Для расчета используется программа «СИТИС: Блок+ 3.00.14321» на основе модуля CFAST, реализующего двухзонную модель тепломассопереноса при пожарах. Применяемые в программе математические модели более подробно описаны в «Техническом руководстве» программы «СИТИС: Блок», в техническом руководстве программы CFAST, а также в документе СИТИС 2-09 «Методические рекомендации по использованию программы CFAST» (<http://sitis.ru/media/documentation/sitis-2-09.pdf>).

Математическая модель соответствует описанию интегральной модели, приведенной в разделе IV приложения 6 методики, утвержденной приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382.

Сценарий_01

4.1. Исходные данные

Таблица В.6 –Свойства сценария

Параметр	Ед. изм.	Значение
Название	-	Сценарий_01
Топология	-	Топология_01
Время моделирования	с	600
Начальная температура	°С	20
Определение ПДЗ по видимости	-	Автоматически
Состояние дверей	-	100%;0с;100%
Состояние верт. проемов	-	100%;0с;100%
Состояние гор. проемов	-	100%;0с;100%

Таблица В.7 –Свойства поверхности горения_01

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение	—	Помещение_03
Площадь	м ²	1000
Типовая горючая нагрузка	—	Админ. помещение; мебель + бумага (0,75+0,25)

Окончание таблицы В.7

Коэффициент полноты горения	–	0,97
Q – низшая теплота сгорания	МДж/кг	14,002
Удельная массовая скорость выгорания	кг/(м ² ·с)	0,021
v – линейная скорость распространения пламени	м/с	0,022
L_{O_2} – Удельный расход кислорода	кг/кг	1,161
D_m – дымообразующая способность горящего материала	НП·м ² /кг	53
Макс. выход CO ₂	кг/кг	1,434
Макс. выход CO	кг/кг	0,043
Макс. выход HCl	кг/кг	0
Критерий возгорания	–	Время
Величина критерия возгорания	с	0

4.2. Вид модели (рисунок В.4)

4.2.1. Этаж_01

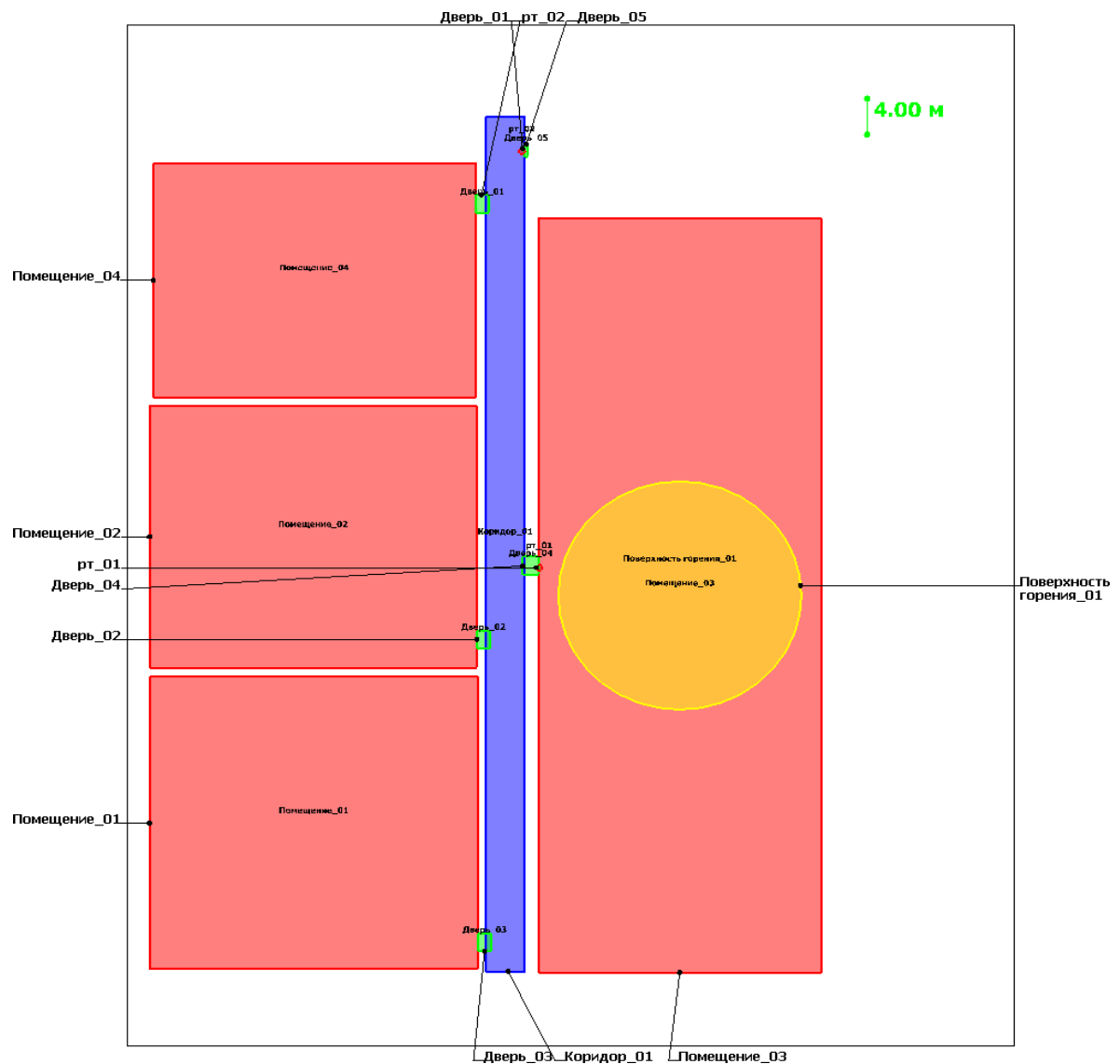


Рисунок В.4 – Схема пожара

4.3. Результаты расчета

4.3.1. Время блокирования

Таблица В.8 – Предельно допустимые значения опасных факторов пожара

Название	T, °C	O ₂ , кг/м ³	CO ₂ , кг/м ³	CO, кг/м ³	HCl, кг/м ³	AT, Вт/м ²
Значение	70	0,226	0,11	0,00116	2,3E-5	1400

Таблица В.9 – Предельно допустимые значения по видимости

Расчетная точка	Значение, м
рт_01	20,00
рт_02	20,00

Таблица В.10 – Параметры достижения предельных значений ОФП

Параметр	Ед. изм.	Примечание
B	с.	Время блокирования
T	с.	По повышенной температуре
O ₂	с.	По пониженному содержанию кислорода
CO	с.	По CO
CO ₂	с.	По CO ₂
HCl	с.	По HCl
AT	с.	По тепловому потоку
V	с.	По потере видимости

Таблица В.11 – Время блокирования

Расчетная точка	B	T	O ₂	CO	CO ₂	HCl	AT	V
рт_01	222	222	222	223	373	> 600	280	223
рт_02	269	269	269	270	376	> 600	532	270

4.3.2. Графики развития опасных факторов пожара (рисунки В.5–В.21)



Рисунок В.5 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре (рт_01)

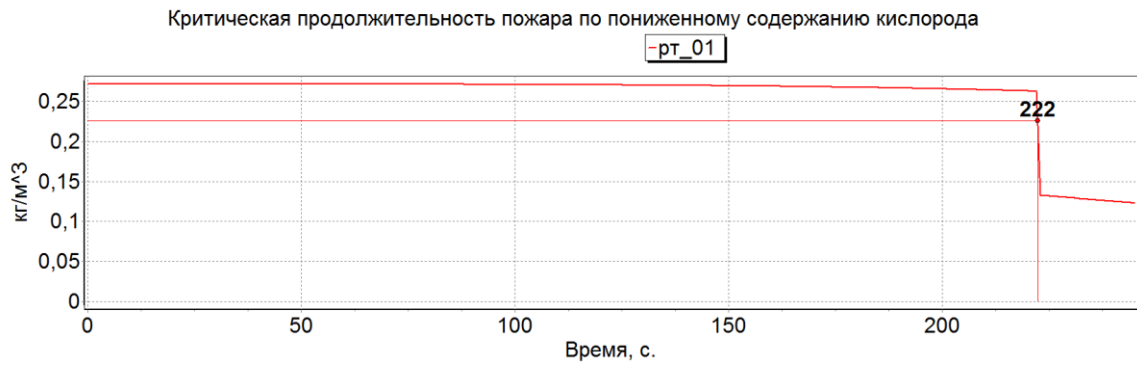


Рисунок В.6 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода (рт_01)

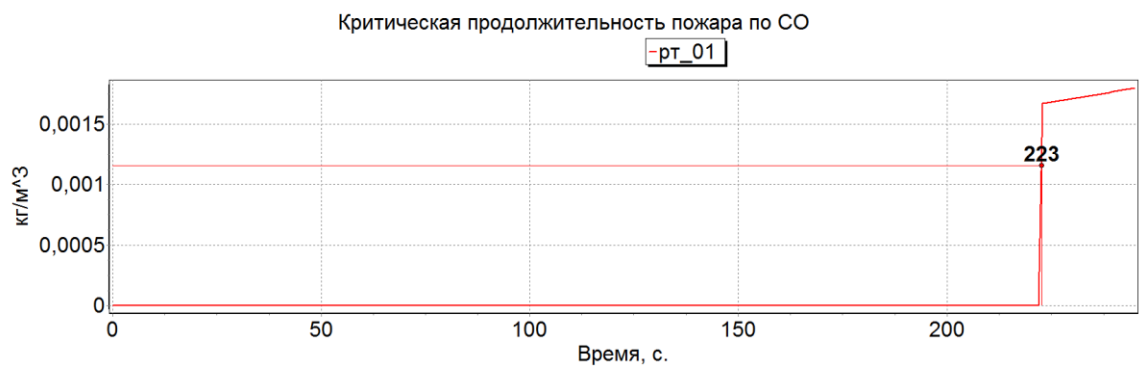


Рисунок В.7 – Критическая продолжительность пожара по CO (рт_01)

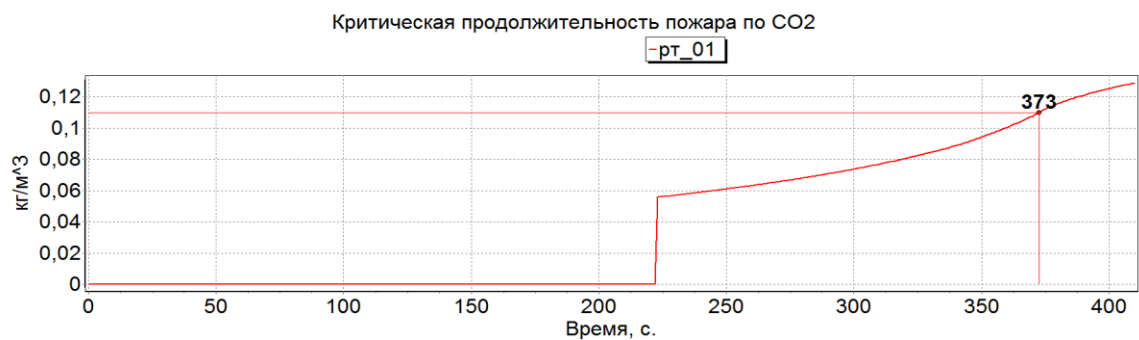


Рисунок В.8 – Критическая продолжительность пожара по CO₂ (рт_01)

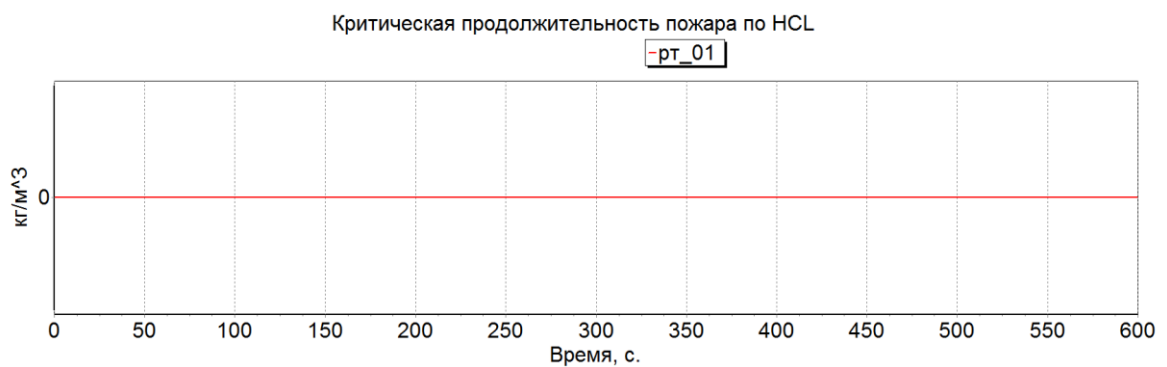


Рисунок В.9 – Критическая продолжительность пожара по HCL (рт_01)

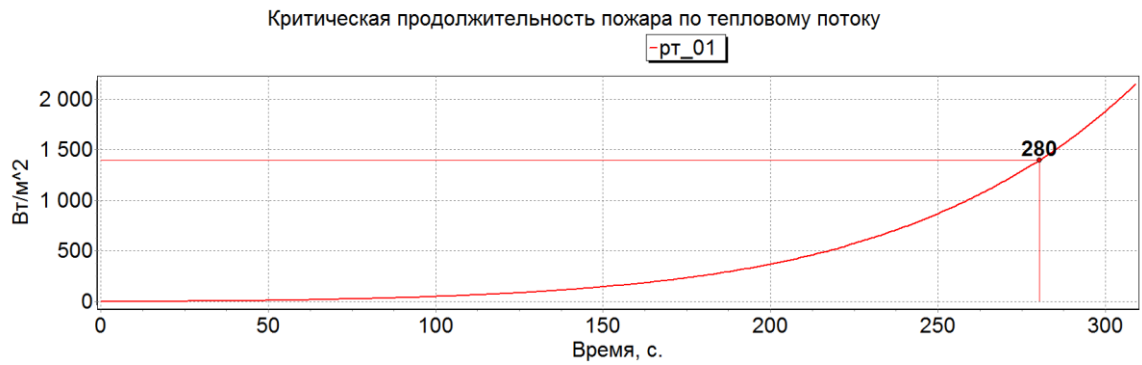


Рисунок В.10 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку (пт_01)



Рисунок В.11 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости (пт_01)

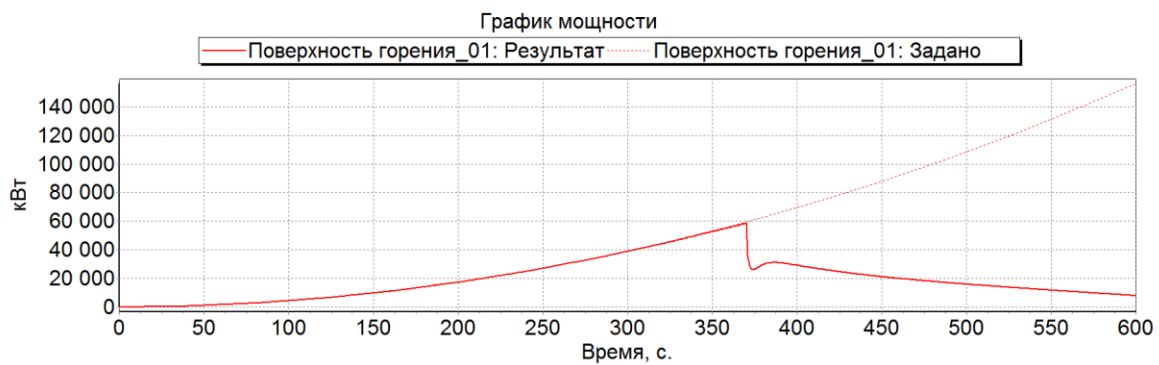


Рисунок В.12 – График мощности (пт_01)

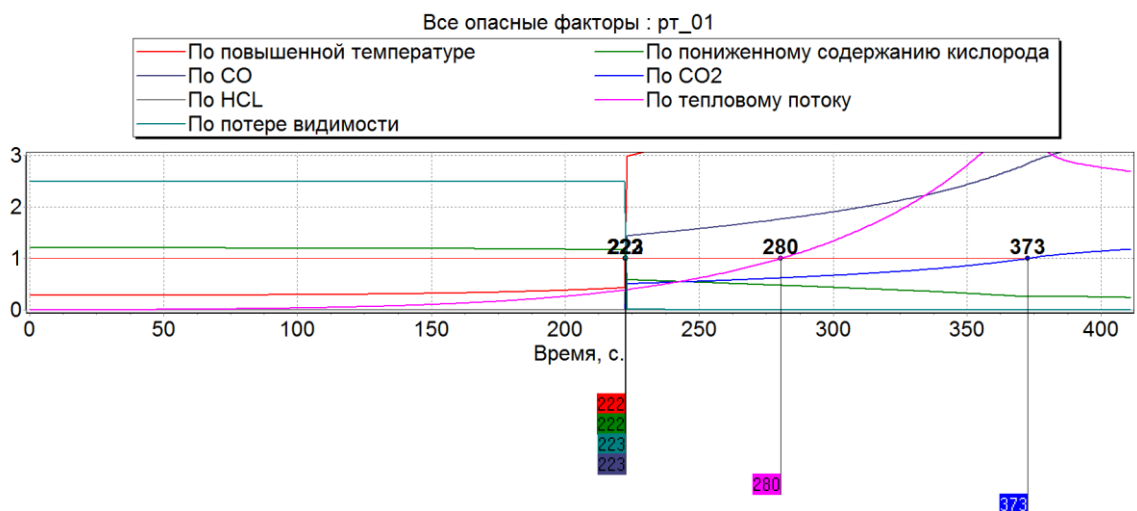


Рисунок В.13 – Опасные факторы пожара (пт_01)

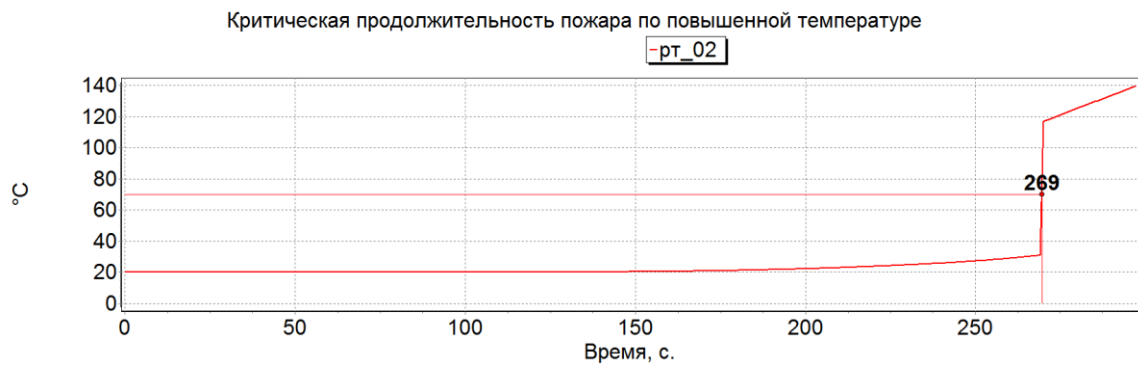


Рисунок В.14 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре (рт_02)



Рисунок В.15 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода (рт_02)



Рисунок В.16 – Критическая продолжительность пожара по CO (рт_02)

Рисунок В.17 – Критическая продолжительность пожара по CO₂ (рт_02)

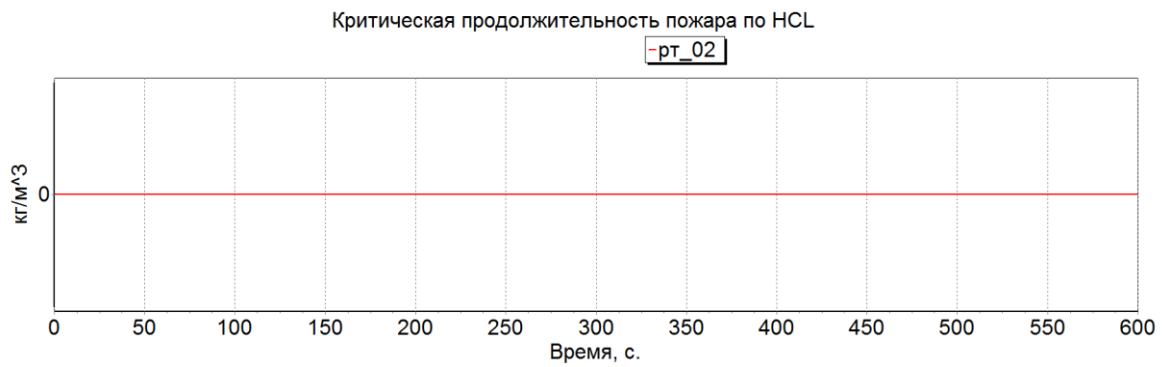


Рисунок В.18 – Критическая продолжительность пожара по HCL (рт_02)

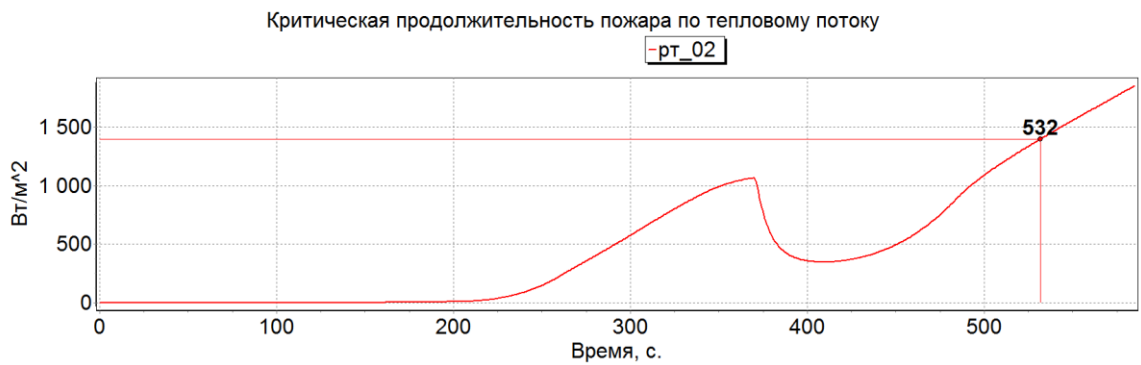


Рисунок В.19 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку (рт_02)



Рисунок В.20 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости (рт_02)

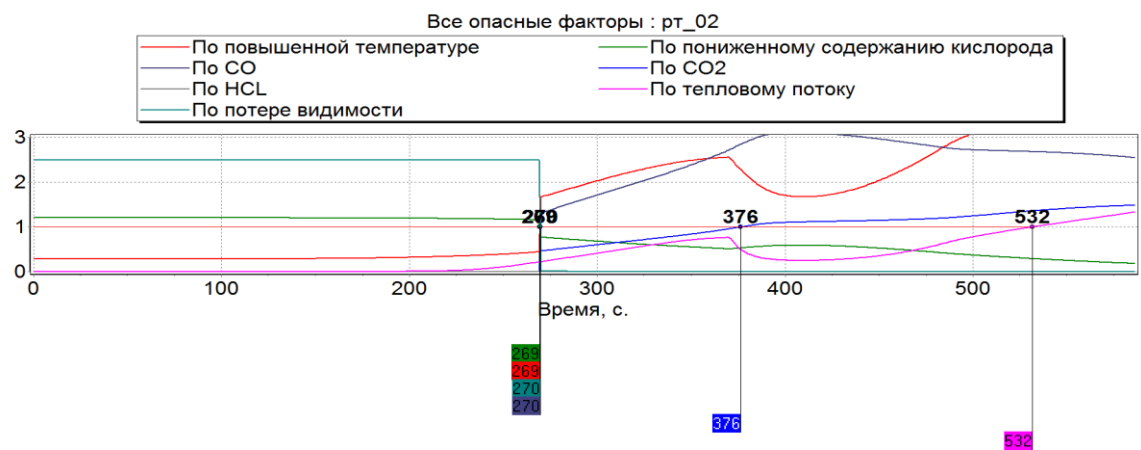


Рисунок В.20 – Опасные факторы пожара (рт_02)

5. Выбор расчетной модели с учетом закрытого проема.

Выбор расчетной зонной модели основывается на параметрах, обозначенных в разделе 4 Приложения 1 (рисунок 22).

Рассматриваемые свойства сценария, поверхности горения также аналогичны положениям раздела 4 данного Приложения.

5.2.1. Вид модели. Этаж 01.

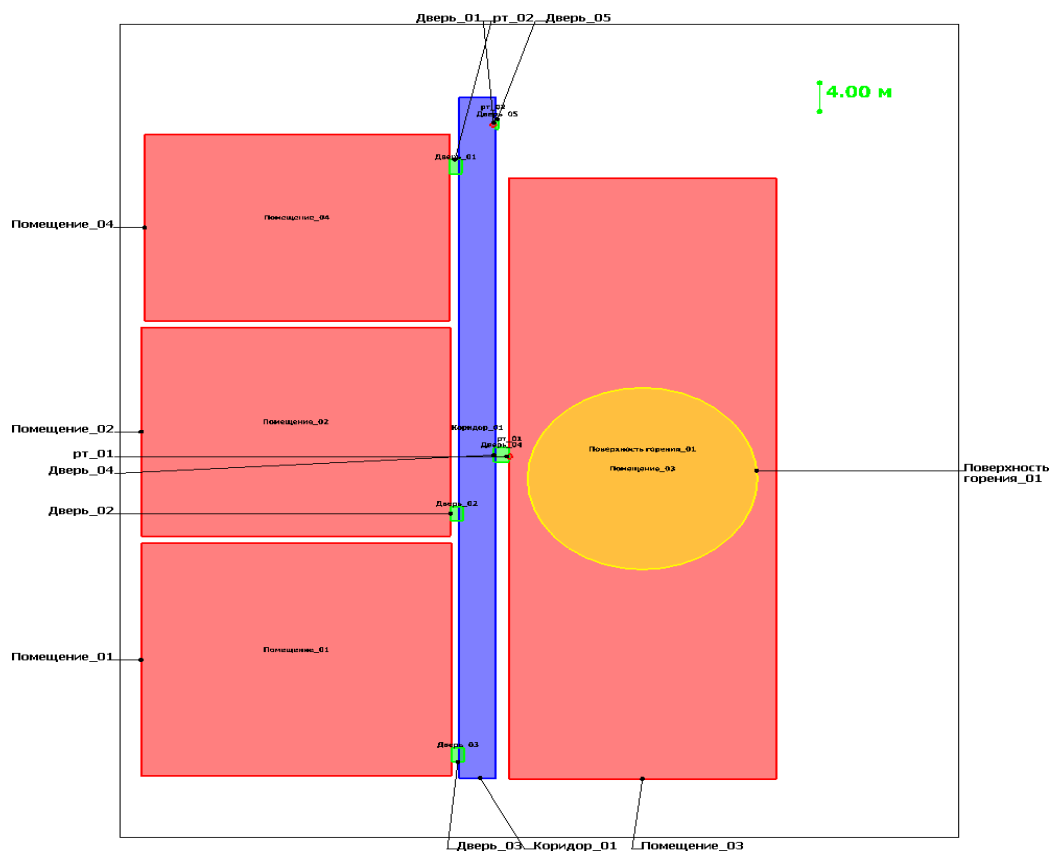


Рисунок В.22 – Вид модели

5.3. Результаты расчета (таблицы 12-14).

5.3.1. Время блокирования.

Таблица В.12 – Предельно допустимые значения опасных факторов пожара

Название	T, °C	O ₂ , кг/м ³	CO ₂ , кг/м ³	CO, кг/м ³	HCl, кг/м ³	AT, Вт/м ²
Значение	70	0,226	0,11	0,00116	2,3E-5	1400

Таблица В.13 – Предельно допустимые значения по видимости

Расчетная точка	Значение, м
рт_01	20,00
рт_02	20,00

Таблица В.14 – Время блокирования

[illegible]

6.3.2. Графики развития ОФП (рисунки В.23–В.39).



Рисунок В.23 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре (рт_01)

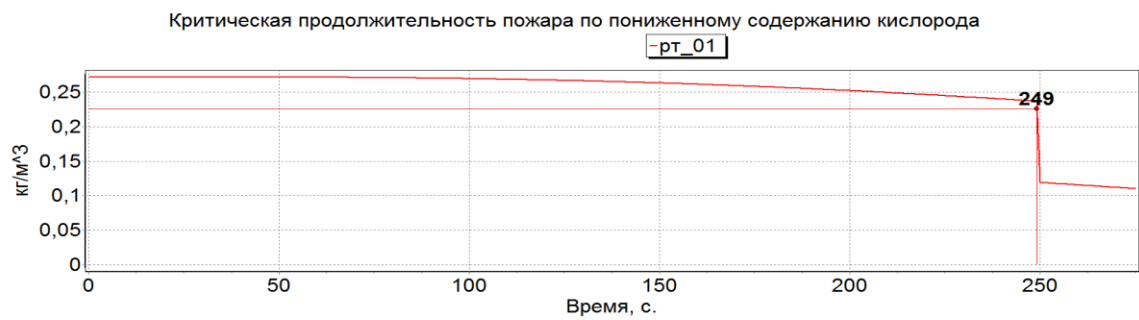


Рисунок В.24 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода (рт_01)



Рисунок В.25 – Критическая продолжительность пожара по CO (рт_01)

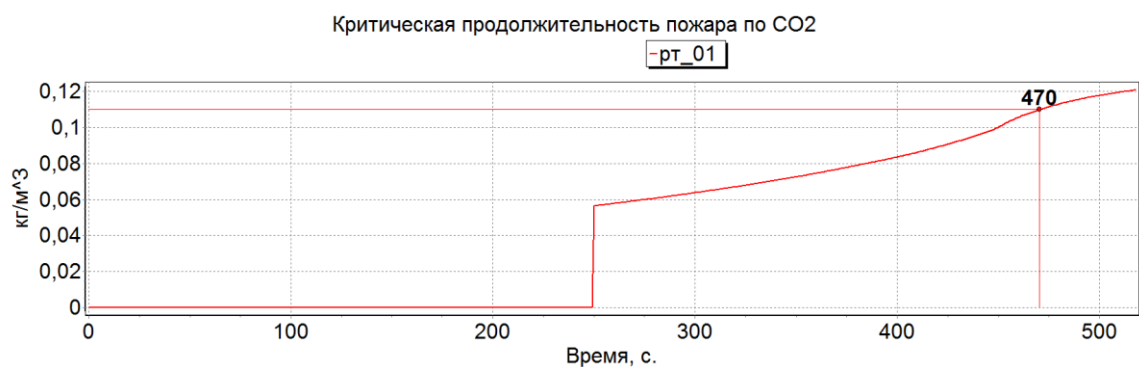


Рисунок В.26 – Критическая продолжительность пожара по CO₂ (рт_01)

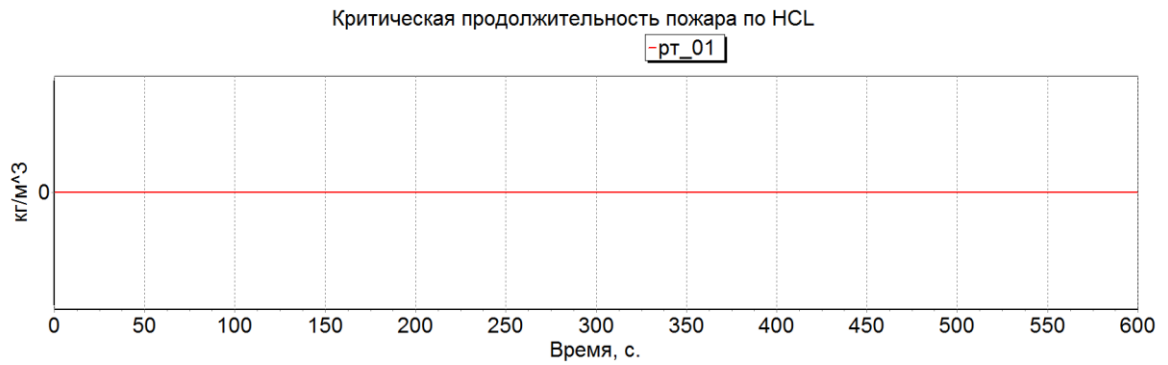


Рисунок В.27 – Критическая продолжительность пожара по HCL (пт_01)

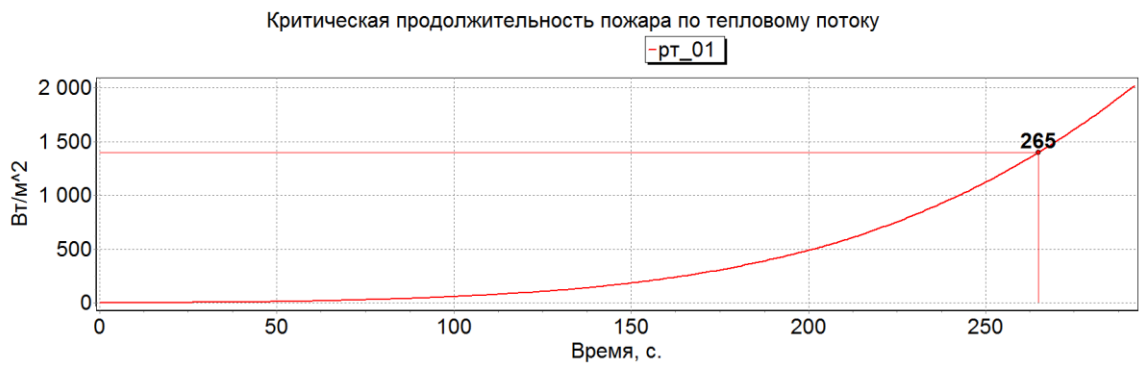


Рисунок В.28 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку (пт_01)



Рисунок В.29 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости (пт_01)

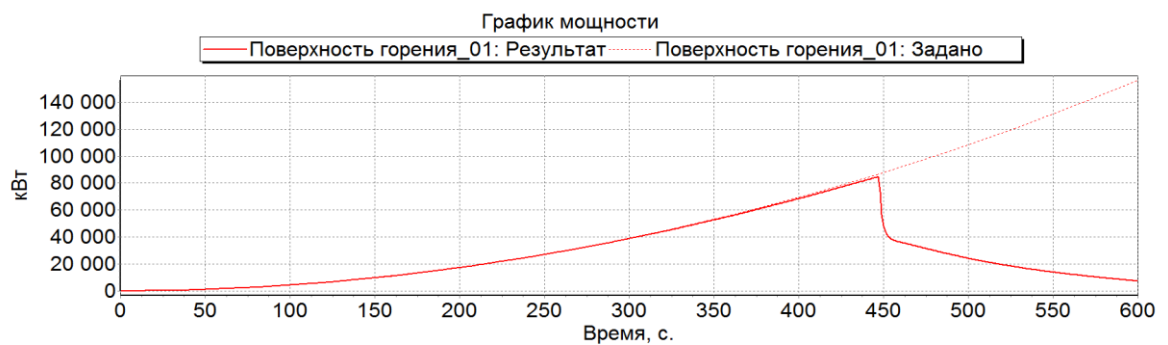


Рисунок В.30 – График мощности (пт_01)

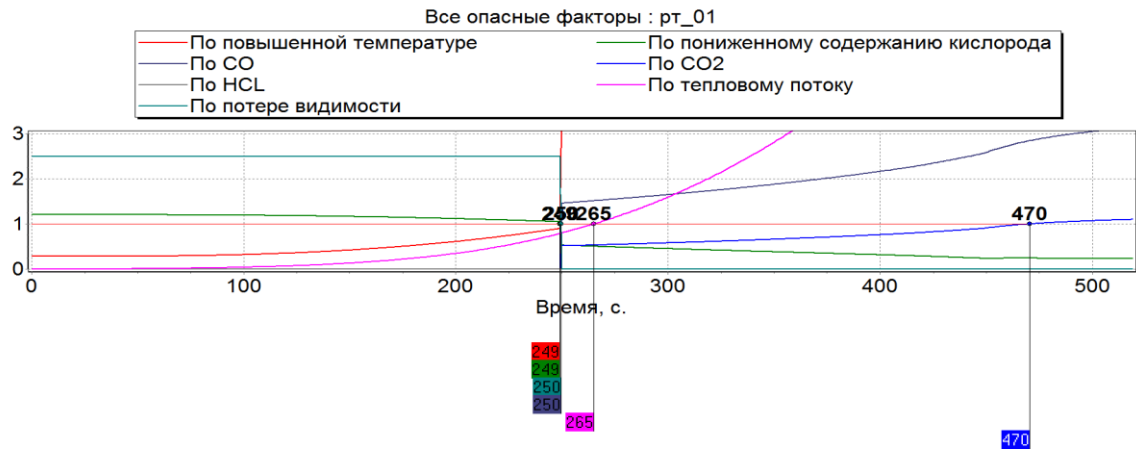


Рисунок В.31 – Опасные факторы пожара (рт_01)

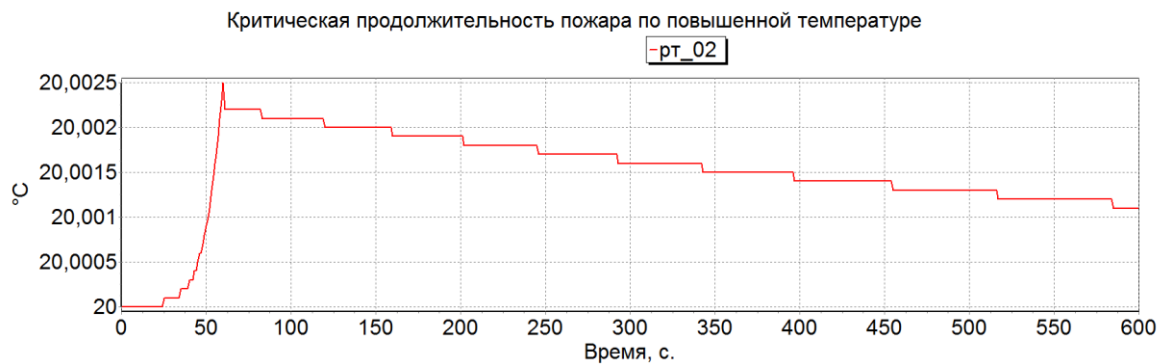


Рисунок В.32 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре (рт_02)

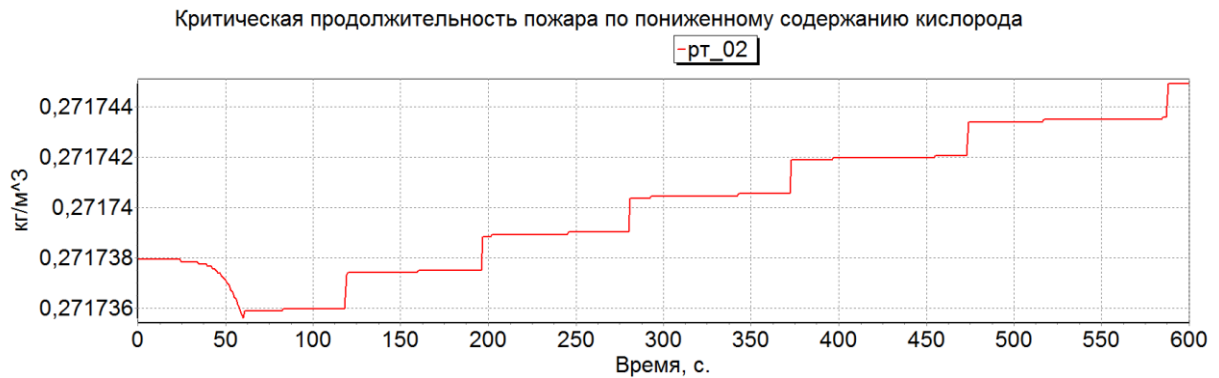


Рисунок В.33 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода (рт_02)

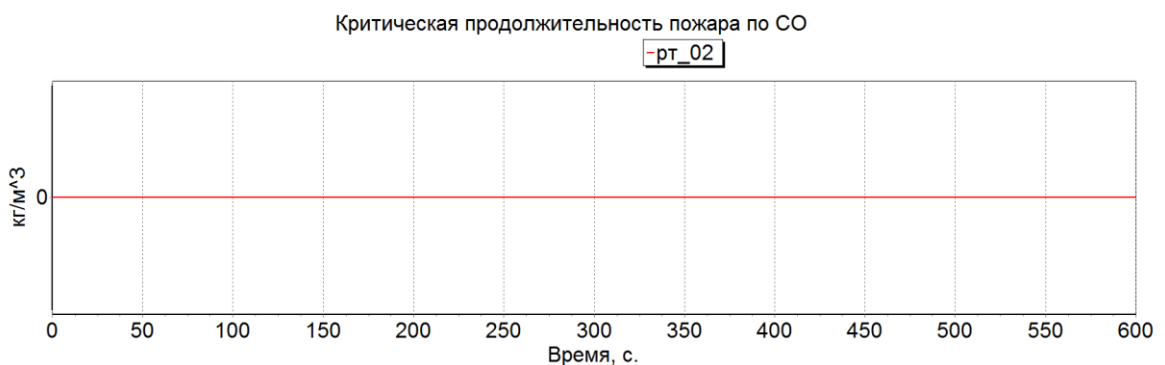


Рисунок В.34 – Критическая продолжительность пожара по CO (рт_02)

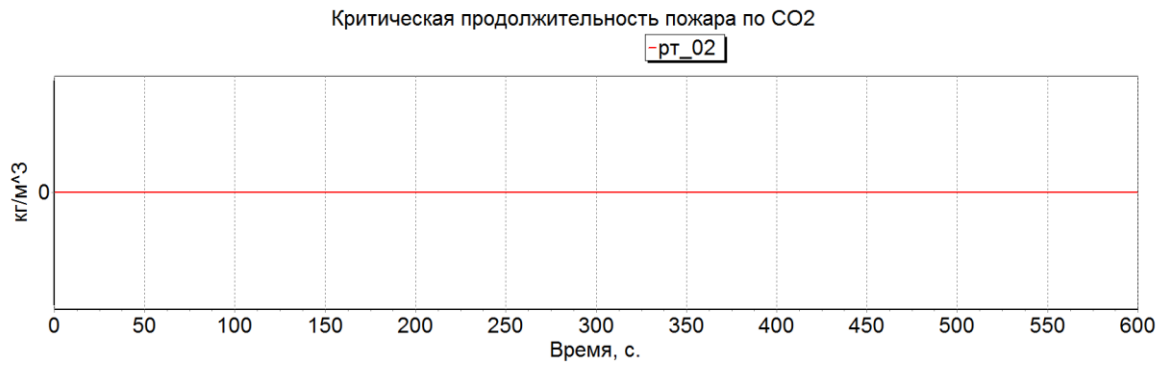
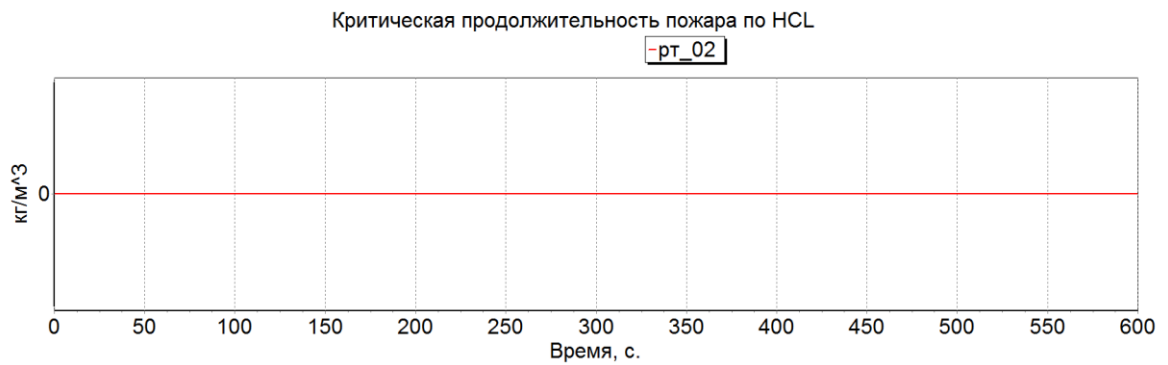
Рисунок В.35 – Критическая продолжительность пожара по CO₂ (пт_02)

Рисунок В.36 – Критическая продолжительность пожара по HCL (пт_02)

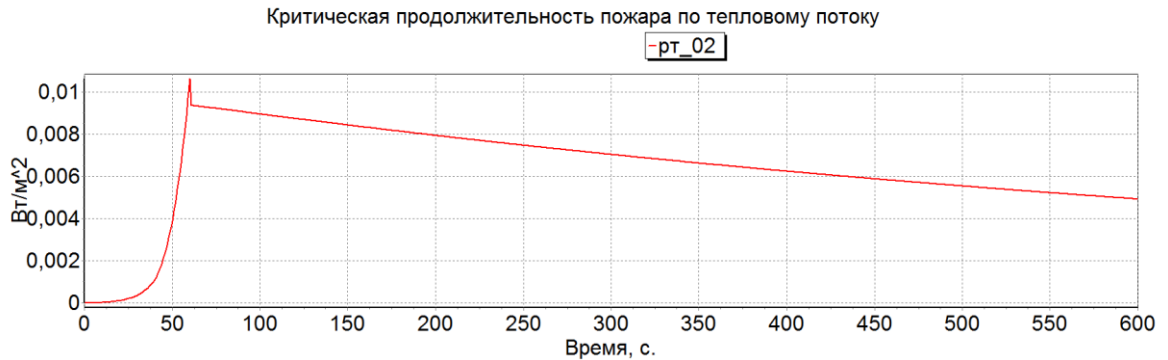


Рисунок В.37 – Критическая продолжительность пожара по тепловому фактору (пт_02)

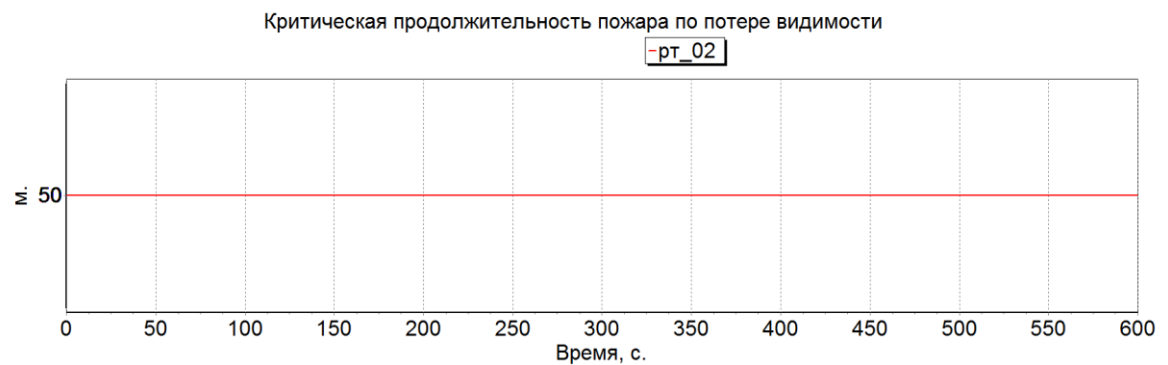


Рисунок В.38 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости (пт_02)

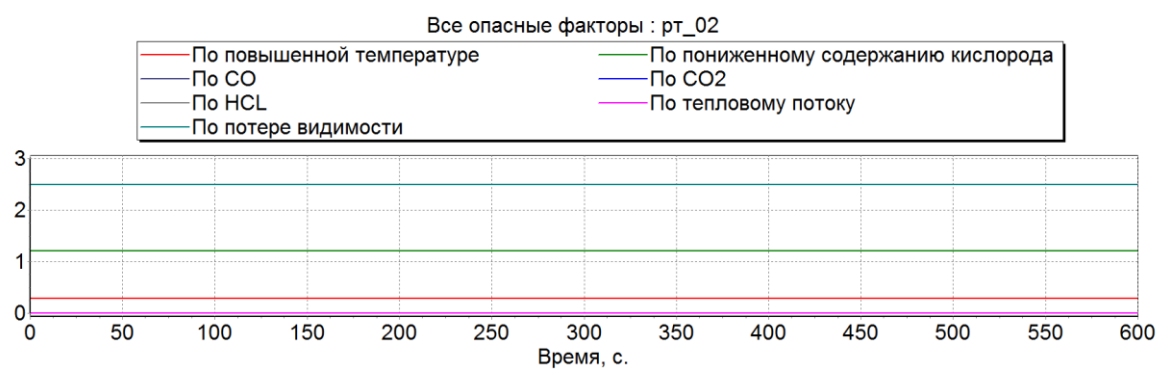


Рисунок В.39 – Опасные факторы пожара (рт_02)